Любовь
Стрельникова

Из чего всё сделано?

Рассказы о веществе

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

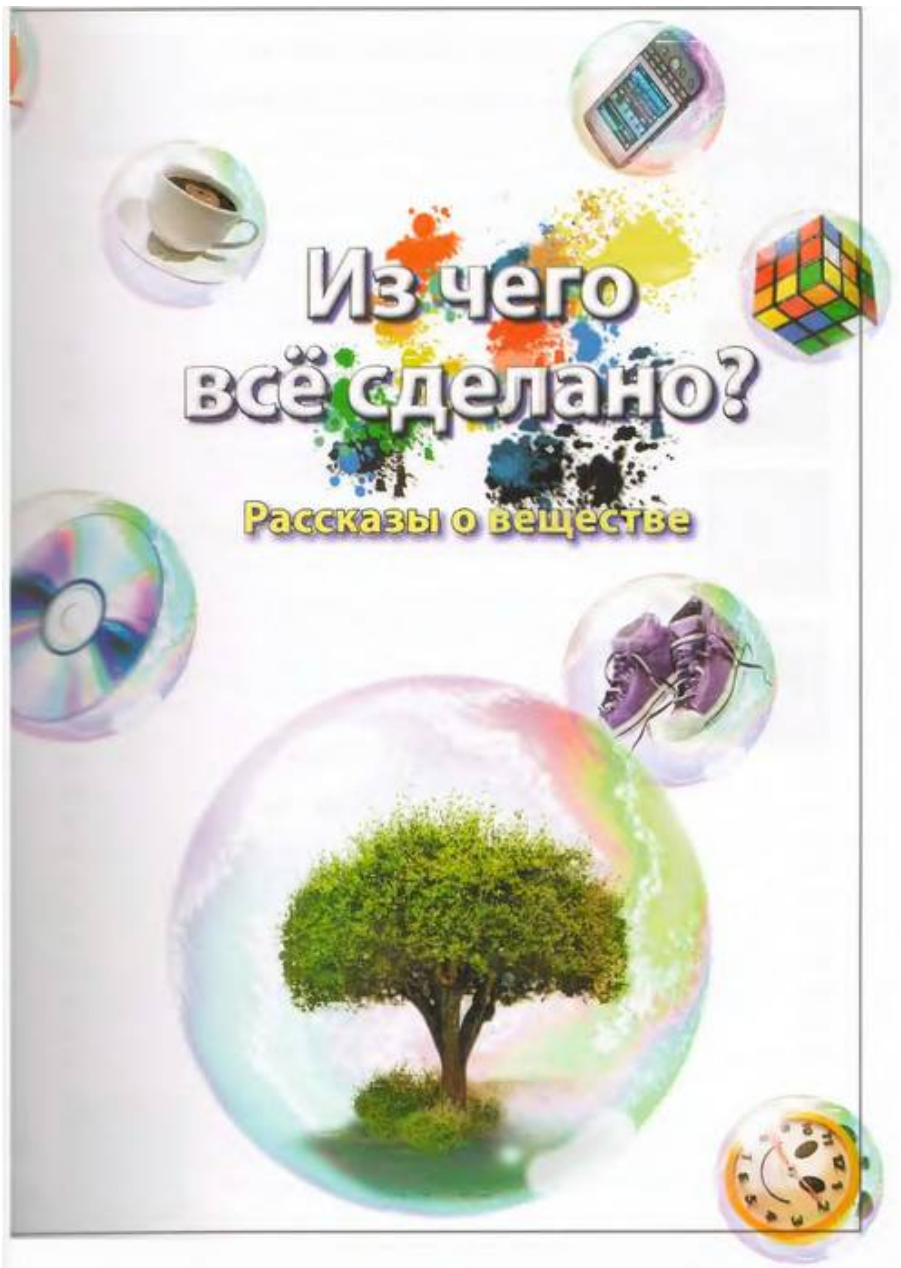
«Когда кто-то из детей говорит мне, что терпеть не может химию, я всегда отвечаю: «Как так?

Разве ты не любишь мир, в котором живешь?» В ответ на удивлённый взгляд маленького человека приходится объяснять, что весь мир, включая нас самих, соткан из вещества. А изучением вещества и занимается химия. Что может быть интереснее?» Книга известного научного журналиста, главного редактора научно-популярного журнала «Химия и жизнь» — это именно рассказы о веществе, о его красоте и значении в нашей жизни, это химия без формул и уравнений.

Книга адресована маленьким читателям, школьникам, ещё не приступавшим к изучению химии, но она может быть интересной и их родителям, и вообще всем взрослым, которые хотят узнать больше об окружающем нас мире.

- Любовь Николаевна Стрельникова
  -
  - Предисловие, которое юным читателям читать необязательно
  - Глава 1. Из чего всё это сделано?
  - Глава 2. Откуда взялись вещества?
  - Глава 3. Разберём Землю по кусочкам?
  - Глава 4. Красивая жизнь вещества
  - Глава 5. Зачем же так глубоко копать? Просто протяни руку!
  - Глава 6. Хвала синтезу!
  - Глава 7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Все мы немного химики
  - Благодарность

Любовь Николаевна Стрельникова
ИЗ ЧЕГО ВСЁ СДЕЛАНО?
Рассказы о веществе



Под редакцией доктора химических наук Генриха Эрлиха

Книга подготовлена по инициативе и при поддержке сообщества профессиональных российских химиков, которые неравнодушны к будущему химии и нашей страны

Художественное оформление и макет Александра Кука

Стрельникова Л.Н. Из чего всё сделано? Рассказы о веществе / Любовь Стрельникова; под ред. Генриха Эрлиха. — М.: Яуза-пресс, 2011. — 208 с.: ил. — ISBN 978-5-995-50250-0

ISBN 978-5-995-50250-0

Предисловие, которое юным читателям читать необязательно

Я частенько захожу в книжные магазины и, среди прочего, всегда внимательно просматриваю новинки научно-популярной литературы. Чего там только нет! Математики пишут обо всём, от занимательной арифметики и математических фокусов до топологии многомерных пространств. Физики — о рождении и устройстве Вселенной, о времени и пространстве, о лазерах и электронике. Биологи — о зарождении жизни, об эволюции, о генах и наследственности. Пишут о разных языках, о еде, о новых методах лечения, о компьютерных технологиях, пишут обо всём, кроме химии. А если и пишут о химии, то всё больше о вреде, которая она наносит окружающей среде и нашему здоровью. Просто заговор молчания какой-то!

Когда кто-то из детей говорит мне, что терпеть не может химию, я всегда отвечаю: «Как так? Разве ты не любишь мир, в котором живёшь?» В ответ на удивлённый взгляд маленького человека приходится объяснять, что весь мир, включая нас самих, соткан из вещества. А изучением вещества и занимается химия. Что же может быть интереснее?

Вообще, интерес — это главная движущая сила науки, залог успеха любого дела. Очень важно пробудить интерес к чему-то как можно раньше, ведь жизнь такая короткая. Вот я и решила попробовать пробудить интерес к химии у школьников младших и средних классов, которым еще только предстоят уроки химии. Тогда учиться им будет гораздо легче, и появится вероятность,

что кто-то из них станет настоящим химиком, возможно — Нобелевским лауреатом.

Правда, химия очень сложна для популяризации. С физикой гораздо проще, она описывает явления и выстраивает безупречную вертикальную логику. А химия занимается веществом, ее логика горизонтальная и зачастую сомнительная, потому что в химии исключений едва ли не больше, чем правил. Но моя задача — не введение в основы химии, а пробуждение интереса к этой области знания.

Пусть вас не смущает фрагментарности книги — такова сама химия. И не ищите в книге исчерпывающего изложения — это невозможно хотя бы потому, что наше знание ограниченно, да и объём книги тоже, и потому, что современная химия слишком сложна, чтобы всё можно было объяснить на пальцах ребёнку или непосвящённому. Вещество, его история, свойства и превращения, его польза и вред для людей, его ключевая роль в жизни каждого из нас, в культуре в целом — главный герой книги. И разумеется, перечень этих веществ ограничен моим выбором. Причём выбором, который, надеюсь, заинтересует юного читателя.

По сути, книга представляет собой собрание рассказов о веществе, выстроенных в некой логической последовательности. Наше путешествие начинается с самого начала — с того момента, когда вещество родилось во Вселенной. От Большого взрыва — к Земле, к химическим богатствам в её недрах, на её поверхности, в её атмосфере, а затем от природных веществ — к синтетическим, созданным химиками.

Каждый маленький рассказ приоткрывает завесу тайны над тем или иным веществом, которое хорошо знакомо юному читателю. Каждая такая история обращена к повседневности, к тому, что окружает нас, к будущему, а не к абстракциям. И конечно же в книге не раз будет звучать приглашение стать исследователем, «поработать с веществом». Более того, вместе с автором и родителями юные читатели смогут провести свои первые химические опыты, попробовать себя в роли исследователя.

Я постаралась свести занудность изложения к нулю, а количество терминов — к минимуму. Никаких химических формул, кроме аш-два-о, и никаких уравнений химических реакций. Тем не менее в книге могут встретиться слова, требующие пояснения. Например, очень может быть, что юный читатель прекрасно осведомлён о чипах и лазерных пистолетах, но не знает, что такое четырнадцатый век. Хорошо бы ему объяснить. Вот почему крайне важно, чтобы эту книгу дети читали вместе с родителями. Не говоря уже о тех экспериментах,

которые мы предлагаем выполнить юным читателям вместе со взрослыми.

Желаю вам приятного семейного путешествия в мир вещества, то есть в мир, в котором мы живём.

Л. Стрельникова

Глава 1. Из чего всё это сделано?

Их миллионы!

Из чего сделаны мальчишки и девчонки, а также их родители? Из чего сделано всё, что они носят в карманах, рюкзаках и сумочках, да и сами рюкзаки и сумочки? А папина машина в гараже, чайник на кухне, мамина косметика, бабушкины очки, сковородки и шкатулка с пуговицами? А ещё — диваны и табуретки, ролики и туфельки, мобильники и бутылки из-под пепси? Кстати, а из чего состоит сама газировка и вообще всё, что мы пьём и едим?

Ну, это просто, скажете вы. Стулья — из дерева, сковородка — из металла, бутылка для пепси — из пластмассы, а сама пепси — это химия, так говорит папа! Папа, конечно, прав, но мы имеем в виду другое. Всё, что окружает нас, всё, сотворённое природой и сделанное руками человека, состоит из веществ. Вещь и вещество — это так похоже и так легко запомнить!

Веществ очень много, и у каждого есть своё имя, часто (нередко) даже не одно. Возьмём, к примеру, соль в солонке. Мама называет её просто «соль», бабушка — «поваренная соль», а химики назовут это белое кристаллическое вещество с солёным вкусом «хлорид натрия». С сахаром — то же самое. Папа так и говорит: «Передай мне, пожалуйста, сахар», дедушка называет его песком, бабушка ворчит, что надо убрать эту «белую смерть» со стола, а химики назовут это белое кристаллическое вещество со сладким вкусом почти так же, как папа, — сахарозой, потому что настоящее химическое имя сахара — альфа-D-глюкопиранозил-бета-D-фруктофуранозид — произнести и тем более запомнить почти что невозможно. Не бойтесь, больше подобных названий в книге не будет.

Химических имён миллионы, как и самих веществ. Вещества бывают твёрдые как камень, жидкие как вода, газообразные, прозрачные и почти невесомые как воздух, которым мы дышим. Они бывают чёрными как уголь, рыжими как ржавчина, а то и вовсе бесцветными. Они могут источать сильный запах, а могут ничем не пахнуть, могут обжигать кожу или смягчать её. Одни растворяются в воде, а другие терпеть её не могут, одни вспыхивают и взрываются от малейшей искры, а другие не боятся огня, кто-то из них проводит электрический ток, а кто-то, наоборот, защищает нас от него...

Все вещества живут своей жизнью. Они могут мирно уживаться, как камень, вода и воздух на берегу ручья. Или как многие вещества на кухне. Возьмите пищевую соду и капните на неё подсолнечным маслом — ничего не произойдет. Капните соком лимона на поваренную соль из солонки — опять никаких изменений. Но некоторые вещества вступают в схватку, они действуют друг на друга — взаимодействуют. И это

взаимодействие может протекать очень бурно. Хотите убедиться? Насыпьте немного пищевой соды на блюдце и выдавите на неё несколько капель из лимона. Сода зашипит и запенится, вступив во взаимодействие с лимонной кислотой, содержащейся в соке лимона. Поздравляю, вы провели первую химическую реакцию!

Хотите ещё? Пожалуйста! Есть у меня на примете прекрасная реакция между крахмалом и йодом. Давайте проведём её. Наверняка в вашей домашней аптечке есть настойка йода. Капните несколько капель в небольшое количество воды, чтобы получился раствор жёлтого цвета. А теперь отправляйтесь на кухню и поищите картофелину. В картошке очень много крахмала. Белые разводы на ноже, которые остаются после того, как мама порезала клубень на кусочки, и есть крахмал. Но нам достаточно разрезать картофелину пополам. А теперь на этот срез капните каплю-другую того жёлтого раствора, который вы только что приготовили, и посмотрите, что произойдёт. Очень быстро то место, куда вы капнули, станет синего цвета. Вот и появилось третье вещество — результат соединения крахмала с йодом. А теперь, используя эту реакцию, вы можете провести целое расследование на кухне и убедиться, что крахмал есть в макаронах, хлебе, рисе и даже в йогуртах.

Итак, у каждого вещества свой характер и внешний вид, свойства и темперамент. Из них-то и состоит всё, что нас окружает, в том числе и мы с вами.

Мы всего лишь капнули лимонный сок на пищевую соду... И вот что получилось

Так выглядит в природе минерал галит, который мы добываем и превращаем в соль в солонке

Меньше маленького

Хорошо, скажете вы, а из чего же состоит само вещество? На этот вопрос химики искали ответ сотни лет. И пришли к выводу, что вещества состоят из молекул — мельчайших его частиц, которые сохраняют свойства вещества, как народ состоит из отдельных людей, а кирпичный забор — из кирпичей.

Нидерландский врач и математик Исаак Бекман 14 сентября 1620 года записал в своем дневнике, что после деления дозы лекарства пополам обе полудозы сохранили свои целебные свойства. Следующее деление дало тот же результат. И тогда Бекман подумал: если делить дозу надвое вновь и вновь, то, наверное, настанет такой момент, когда крошечный осколок утратит свои свойства. Бекман назвал эту мельчайшую частичку, сохраняющую целительные свойства вещества, минимумом. Этот минимум означал то же, что и нынешний термин «молекула».

А вскоре, в 1636 году, появилось и само слово «молекула». Французский священник Пьер Гассенди, прославившийся

работами по астрономии, математике, механике и философии, присоединил частицу-кула к слову «моль», означавшему тогда то, что теперь обозначается словом «масса». Получилось — очень-очень-очень маленькая масса.

Химики долго привыкали к этой идее, молекулярная теория продвигалась со скрипом, но с каждым годом она завоевывала всё больше сторонников. Так, постепенно, химики и сами не заметили, как начали использовать это понятие при объяснении свойств веществ. Но лишь в 1860 году в немецком городе Карлсруэ собрался Первый международный конгресс химиков, на котором учёные узаконили «молекулу» как термин.

Они столь малы, что невидимы обычному глазу. Мы можем видеть лишь крупинки или капельки вещества, состоящие на самом деле из очень большого числа молекул, крепко держащихся друг за дружку. И разорвать эти объятия не так-то просто. Например, невозможно измельчить тот же самый сахар до молекул, перетирая его в ступке. Но можно бросить его кристаллики в воду. Через мгновение они растворятся и исчезнут, станут невидимыми. Это значит, что в воде кристаллики сахара распались на отдельные молекулы, которые пустились в свободное плавание как рыбы в воде. А вот ещё один простой эксперимент. Налейте немного воды в блюдечко, поставьте на солнце и понаблюдайте за ним. Единственное, что вы увидите, так это то, что вода будет потихоньку исчезать из блюдца, испаряться. Но этот процесс испарения не видим глазу, потому что в воздух убегают одиночные молекулы воды, которые ни один глаз не разглядит.

И всё-таки, какого же они размера? Давайте мысленно возьмём молекулу обычной воды и увеличим её в миллион раз. И что получится? Нет, вовсе не слон, а маленькая точка на листе бумаги. Кстати, если в миллион раз увеличить Останкинскую телебашню, то по ней можно будет, теоретически, взобраться до Луны и даже дальше. Вот какие молекулы маленькие.

Тогда сколько же молекул умещается в одной крупинке того же сахара? Не поверите, два миллиарда миллиардов. Это такое огромное число, что его даже трудно представить и с чем-нибудь сравнить. Ведь если вы отправитесь пешком в звёздную систему Альфа Центавра, где разворачивается действие фильма «Аватар» и куда самый быстрый гонец в мире — свет — летит четыре с лишним года, то количество шагов, которые вы сделаете, всё равно будет в 25 раз меньше, чем количество молекул в крупинке сахара.

Каких только молекул не бывает на свете! Маленькие и большие, плоские и объёмные, длинные и короткие, ажурные,

спиральные и шарообразные. А есть молекулы, которые по форме очень похожи на привычные нам вещи — на футбольный мяч и горшок для цветов, на королевскую корону и египетские пирамиды, на бутерброд и шестерёнку, на подсолнух и даже на собачку.

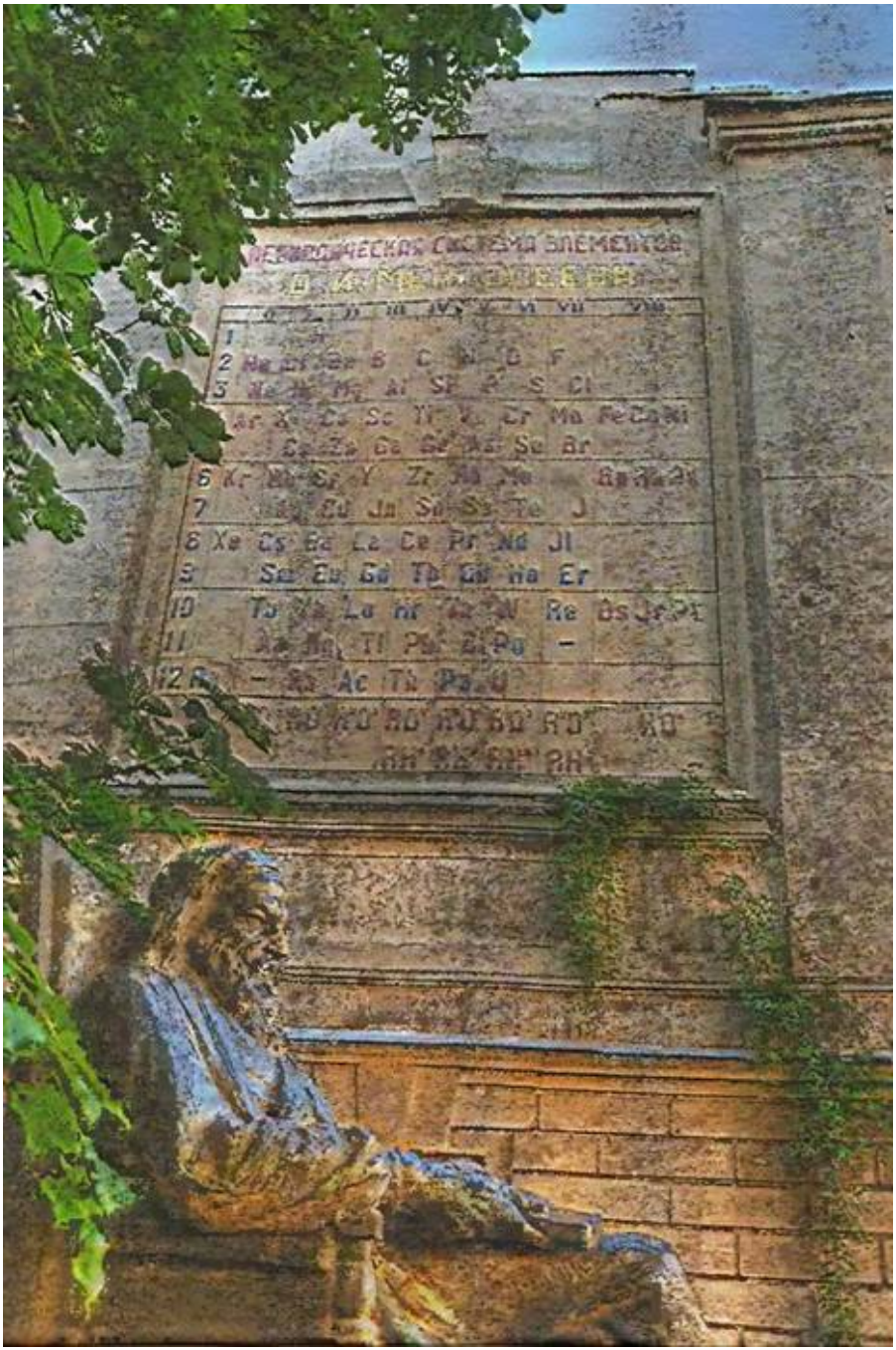
Это не алмазы. Это обычный сахар. Каждая такая крупинка состоит из двух миллиардов миллиардов молекул сахара

Химические святцы

На вашем месте я бы начала терять терпение и незамедлительно поинтересовалась бы: «А они-то, молекулы, из чего сделаны?» Молекулы сделаны из ещё более мелких составляющих — из атомов. Двести пятьдесят лет назад Михаил Васильевич Ломоносов писал, что все вещества состоят из «корпускул» (молекул), которые, в свою очередь, представляют собой «собрания элементов» (атомов). А в начале XIX века англичанин Джон Дальтон догадался, что вещество состоит из атомов с разными массами и атомы объединяются в молекулы — так впервые прозвучало правильное описание материи.

К счастью, элементов, или разновидностей атомов, на Земле

не так много — всего 114, пока 114. Возможно, что исследователи со временем найдут и другие элементы. У каждого есть своё имя, свой вес, свой характер, прямо как у человека, и все эти имена вместе со свойствами занесены в одну таблицу, составленную великим русским химиком Дмитрием Ивановичем Менделеевым более ста сорока лет назад. Для химиков это своего рода святцы, в которые вписаны все человеческие имена. Кстати, многие из этих химических имён вы хорошо знаете: золото, кислород, железо, алюминий... Не правда ли?



Памятник Д.И. Менделееву стоит рядом с его Периодической таблицей, выложенной на стене химического факультета Санкт-Петербургского государственного университета

А ещё химики для собственного удобства придумали короткие обозначения для каждого элемента, состоящие из одной

или двух букв. Это как инициалы у человека: вместо того чтобы писать «Александр», мы для краткости пишем просто «А». Так повелось, что эти короткие обозначения происходят от латинских названий элементов, но это никому не причиняет никаких неудобств. Мне кажется, что и вас английскими буквами не удивишь. Итак, многие элементы обозначаются одной буквой, водород — H, кислород — O, азот — N, углерод — C, а фтор — F. Другие — двумя, отчасти из-за того, чтобы не возникало путаницы, когда первая буква уже использована: гелий — He, неон — Ne, железо — Fe.

Если представить, что дети в хороводе — это атомы, а их соединенные руки — это химические связи, то мы получим художественное изображение молекулы серы, состоящей из восьми атомов

Но вернёмся к самим атомам. Представьте, что у вас есть 114 разновидностей бусинок — разного цвета, разного размера и формы и в любом количестве. Как вы думаете, сколько серёжек и других украшений вы можете собрать из этого богатства, составляя разные сочетания бусинок? Да сколько угодно, бесконечно много! Но вы конечно же будете делать только те украшения, которые вам нравятся и, на ваш взгляд, выглядят симпатично. Таких комбинаций будет значительно меньше, но всё же очень много.

Так и в природе. Элементы, точнее атомы элементов, соединяясь между собой в разных соотношениях, образуют всё

гигантское многообразие веществ на Земле. Атомы в молекуле крепко сцепляются, образуя между собой связи, которые химики называют химическими, поэтому большинство молекул чувствуют себя вполне устойчиво и не разваливаются на части. Другое дело, что некоторые атомы не могут соединяться с другими или могут принять в объятия только ограниченное количество товарищей по таблице Менделеева. Здесь природа командует, что ей нравится, а что нет. У неё своё представление о красивых и полезных серёжках. И эти предпочтения природы химики считают для себя законом.

Атомы одного элемента могут соединяться между собой. И тогда мы получаем вещества, которые называют именем элемента, например золото. Такие вещества химики именуют простыми. Если же в одной молекуле встречаются атомы разных элементов, тогда мы получим более сложное вещество, именуемое «соединением». Всё богатство и разнообразие бесчисленного количества веществ, окружающих нас, — это всего лишь комбинации разных атомов, разных элементов. Если два атома кислорода свяжутся вместе, то получится кислород, невидимый газ, который входит в состав воздуха и которым мы дышим и которого нам порой так не хватает в душном городе. Если три атома — то озон, тоже — невидимый газ, который образуется в атмосфере во время грозы. Если же атом кислорода соединится с двумя атомами водорода, то получится самое чудесное вещество на Земле — вода, которую мы пьем. Или вот ещё знаменитая парочка — атом натрия и атом хлора. Связываясь между собой, они образуют то самое белое кристаллическое вещество, которое мы насыпаем в солонку.

Да, я знаю, какой коварный вопрос вертится у вас на языке — из чего же тогда сделаны атомы? Боюсь, что путешествие в глубь вещества выглядит почти бесконечным. Возможно, так оно и есть. Однако про атомы сегодня уже многое известно. Физики утверждают, что атомы тоже имеют структуру. В каждом крошечном атоме есть ещё более мелкие детали: ядро, состоящее из протонов и нейтронов (физики называют их элементарными частицами), вокруг которого, подобно планетам вокруг Солнца, вращаются другие элементарные частицы, электроны.

Благодаря этой внутренней структуре атомов элементы различаются между собой. Эти же различия позволили химикам занести элементы в таблицу Менделеева в строгом порядке. Ведь не по алфавиту же они расположены и не по датам открытия. Элементы расположены под своими номерами. Причём номер элемента зависит от строения его атома. Например, водород стоит под № 1. Это значит, что в его атоме вокруг ядра вращается

всего один электрон. У гелия под № 2 — два электрона, а у кислорода под № 16 — шестнадцать. Количество электронов в атоме элемента — очень важный показатель, от него зависят свойства, характер и поведение элемента. Поэтому грамотный химик, глядя на таблицу Менделеева, может точно сказать, атомы каких элементов могут образовать химическую связь, какие атомы, объединяясь, образуют слиток металла, а какие — газ.

Получается, что вся материя во Вселенной, включая Землю и всё, что на ней, собрана всего лишь из трёх видов элементарных частиц — нейтронов, протонов и электронов. Разве это не поразительно?

Нет, нет, только не спрашивайте, из чего сделаны протоны, нейтроны и электроны! Вопрос, конечно, хороший, спору нет. И физики по этому поводу начнут рассказывать о кварках, из которых сложены протоны и нейтроны, об их «аромате», «цвете» и других свойствах, о том, что кварки, в свою очередь... Тут мы остановимся, тем более что в глубине материи ещё много неясного. Наш чудный мир не познан до конца, и ответ на многие нерешённые пока вопросы, вполне возможно, найдёте вы, когда станете взрослыми и посвятите себя науке.

Невидимое оставляет следы

Я чувствую, как в вас закрадывается сомнение. Если эти молекулы, атомы и элементарные частицы столь малы, что их невозможно увидеть, то почему мы так уверенно говорим об их существовании? Может, и нет их вовсе?

Действительно, размеры атома ничтожны. И до последнего времени не было такого микроскопа, который позволял бы их рассмотреть. Но это не значит, что нельзя убедиться в существовании атомов и элементарных частиц.

Представьте, что у вас в доме завелась мышка. Её не видно, но вы точно знаете, что она есть: кусочек сыра, оставленный на столе, ночью куда-то исчезает, в доме появляются мышкины следы, а по ночам слышится какой-то шорох. Значит, мышка есть, хотя её и не видать. Такой вывод мы сделали, как скажут учёные, на основании косвенных наблюдений. Или вот летит по небу самолет. Высоко-высоко, его и не видно совсем, и шума моторов не слышно. Зато отчётливо виден белый след, который он оставляет на небе после себя. Учёные называют его инверсионным следом.

Вещества умеют оставлять красивые следы. Например, марганцовка (на языке химиков — перманганат калия), растворяющаяся в воде

Ну что ж, это отличная идея — узнать о существовании частиц по их следам. Этот подход использовал шотландский физик Чарльз Вильсон, когда в начале XX века создал замечательную камеру Вильсона. Прозрачная камера содержит перенасыщенный водяной пар. Такому пару достаточно малейшего вмешательства, чтобы составляющие его молекулы воды, парящие в воздухе, начали собираться вместе и образовывать капельки воды, видимые глазу. Этот процесс называется «конденсация», и вы часто его наблюдаете, когда

запотевают окна в машине или утром после холодной ночи выпадает роса на траве и цветах. И кстати, именно так образуется след от самолета в небе. Конденсацию паров воды вызывают частички не полностью сгоревшего топлива, вылетающие из двигателя. Поэтому инверсионный след часто называют ещё и конденсационным.

Вот в такую камеру влетает элементарная частица, электрон или протон, которую физики предварительно сильно разгоняют на специальных ускорителях элементарных частиц — циклотронах. В мгновение ока частица проходит камеру насквозь и оставляет после себя конденсационный след, состоящий из капелек воды. Этот след, который физики называют треком, не исчезает сразу же, поэтому у исследователей есть время, чтобы сфотографировать его. Удивительно красивые получаются фотографии. Физики не просто разглядывают их, а читают как книгу о жизни элементарных частиц и о тех событиях, которые происходят при их столкновении в камере Вильсона.

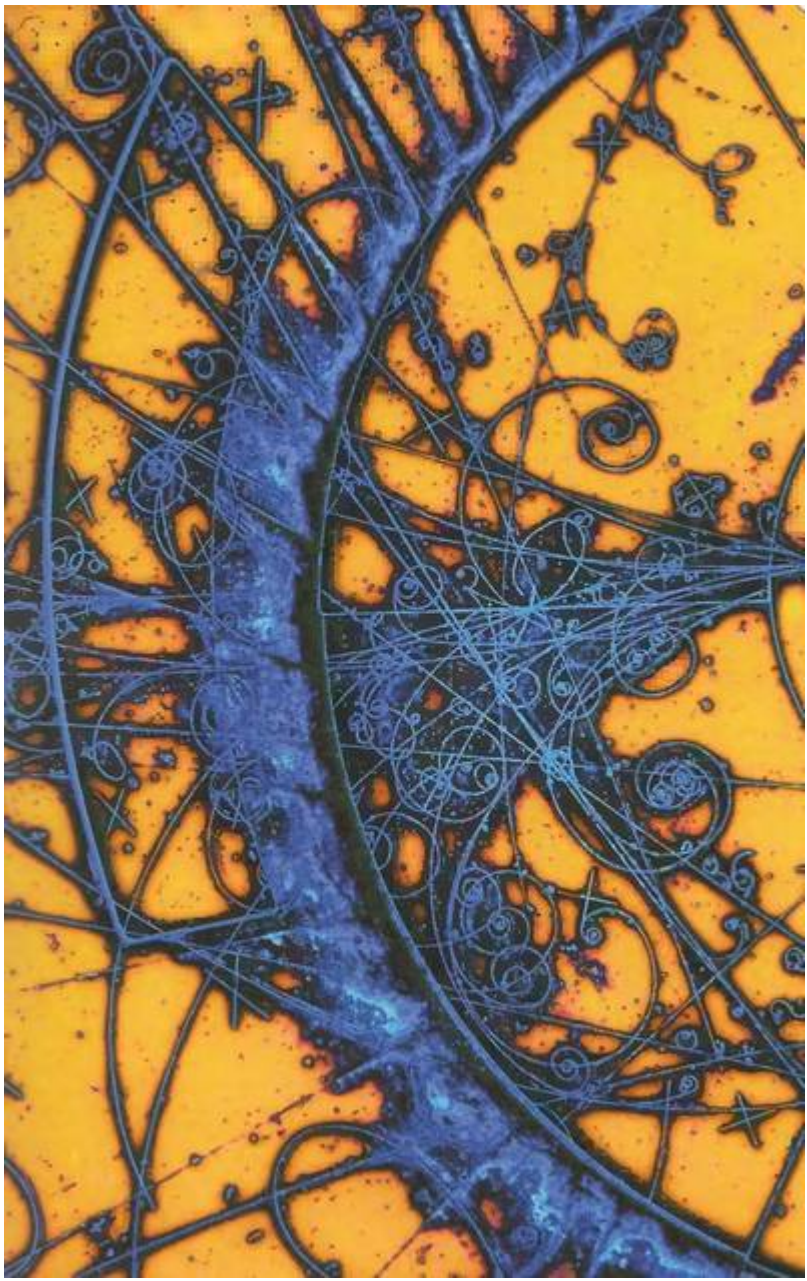
С помощью косвенных методов можно доказать и существование невидимых молекул. Шотландский ботаник Роберт Броун почти 200 лет назад заметил нечто необычное. Если крошечные частицы цветочной пыльцы поместить в воду и понаблюдать за ними в микроскоп, то будет видно, что пылинки не стоят на месте, а всё время совершают беспорядочные прыжки. Это непрерывное запутанное блуждание частиц в объёме жидкости было названо в честь первооткрывателя броуновским движением.

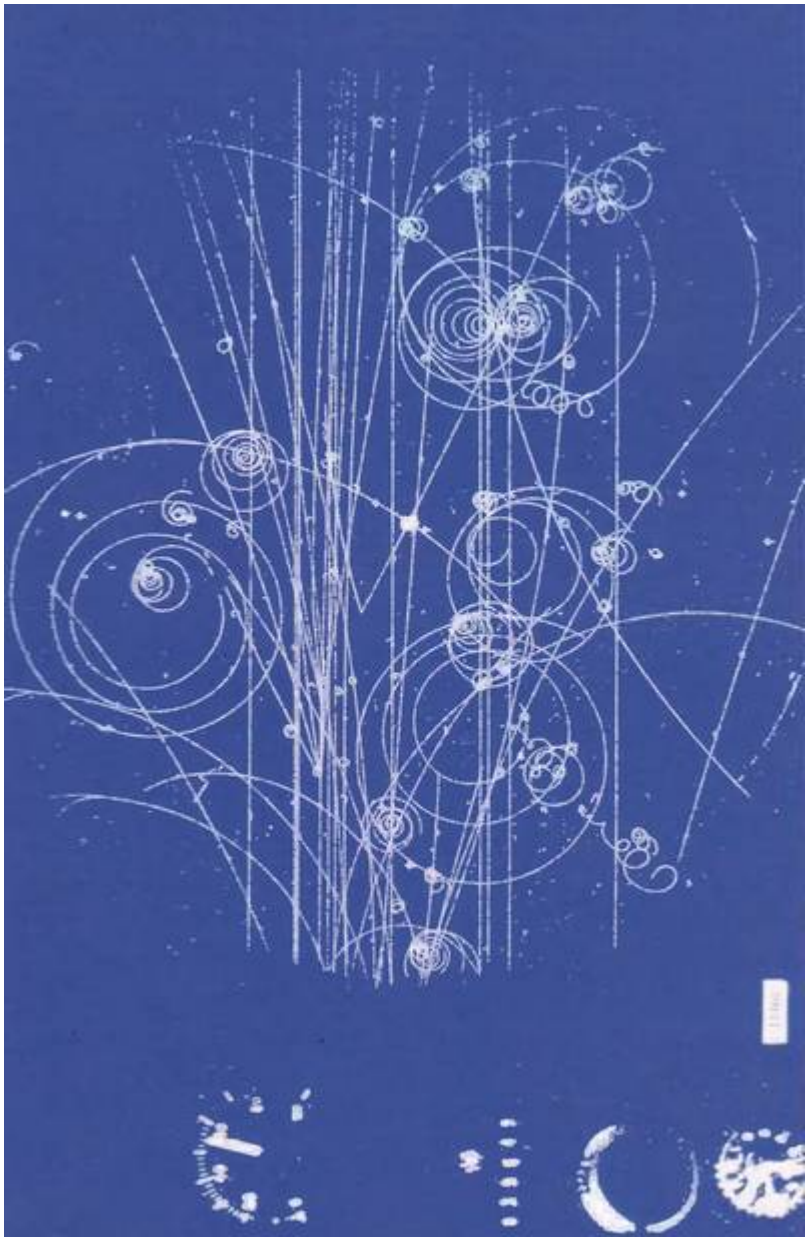
Но ведь эти частицы неживые, они не могут двигаться сами по себе, значит, кто-то их толкает с разных сторон и весьма сильно. Кто бы это мог быть? Спустя почти 80 лет, в 1905 году, Альберт Эйнштейн, один из величайших учёных двадцатого века, предположил, что толкают частички молекулы жидкости, которые, в свою очередь, тоже находятся в непрерывном движении. Их очень много, они налетают на частичку *с* разных сторон, и если вдруг в какой-то момент молекулы с одной стороны «зазеваются», а с другой ударят посильнее, то частичка сдвинется с места и пролетит некоторое расстояние.

Все это Альберт Эйнштейн изложил в его знаменитой научной статье о броуновском движении. Он даже теоретически подсчитал и предсказал, насколько должны смещаться пылинки в жидкости, если исходить из того, что их толкают молекулы.

Впрочем, всё это было только предположением, теорией, и сам Эйнштейн сомневался, что кому-нибудь удастся проверить её экспериментально. Однако такой человек нашёлся. Французский физик Жан Батист Перрен в 1908-1913 годах сумел поставить

тончайший эксперимент: он проследил путь тысяч частичек в жидкости и измерил их смещения. Результаты полностью соответствовали предсказаниям Эйнштейна, молекулярная теория восторжествовала, а сам Жан Батист Перрен за свои труды был удостоен в 1926 году высшей научной награды — Нобелевской премии по физике.





Элементарные частицы, стремительно пролетающие через специальные камеры, тоже оставляют следы. Их внимательно изучают физики, чтобы узнать все о жизни и взаимодействии этих крошечных частиц материи

Ещё один, но куда более совершенный метод, позволяющий увидеть молекулу, появился в 30-х годах прошлого века. Это был электронный микроскоп. Его создатели, немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска в 1931 году случайно заметили, что если

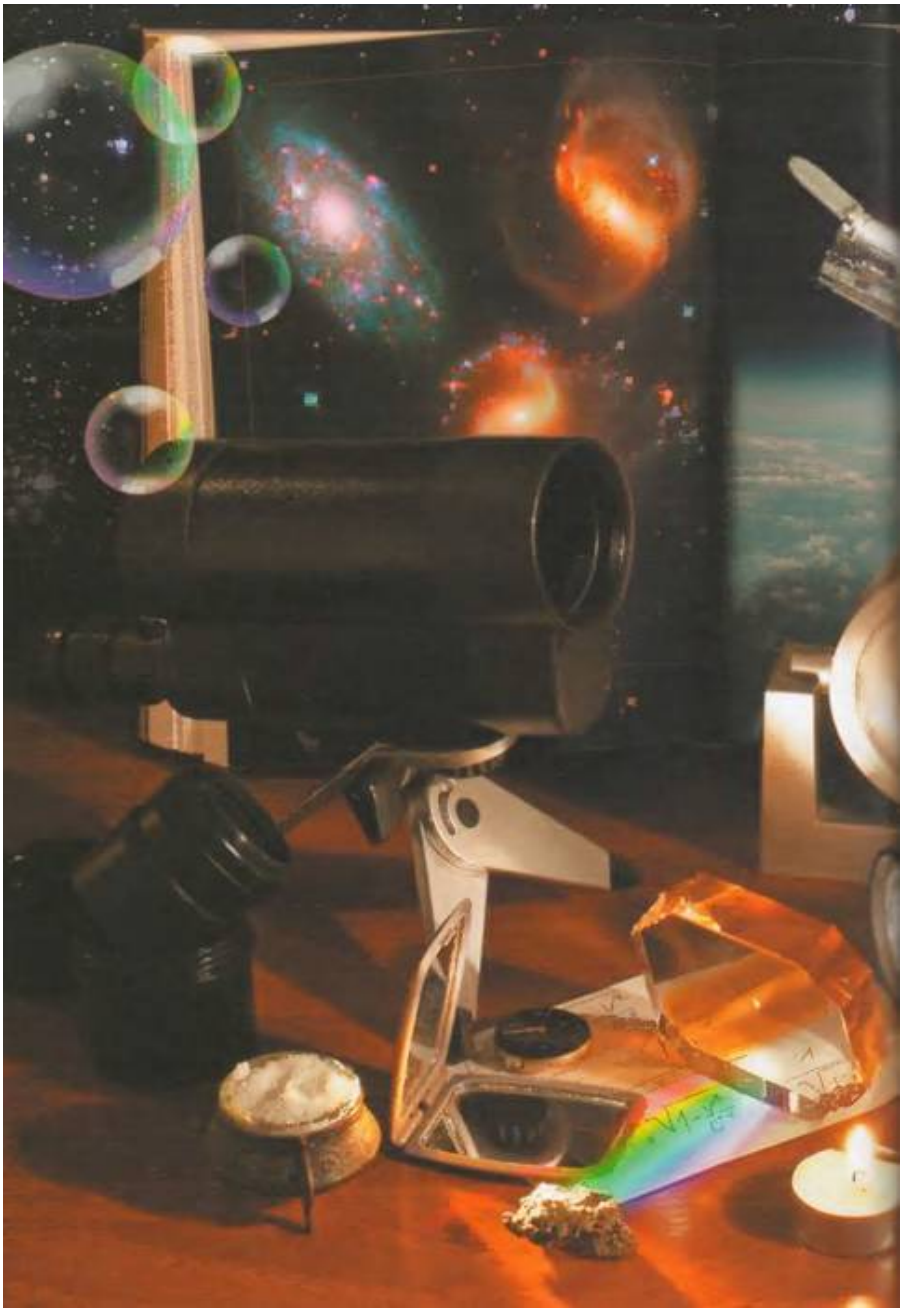
поток электронов проходит сквозь тончайший слой вещества и попадает на чувствительный экран, то на этом экране можно увидеть тени составляющих его молекул. Вот вам ещё одно доказательство существования молекул. Вы можете поглядеть на первый российский электронный микроскоп, если не поленитесь и сходите в Политехнический музей в Москве, где он выставлен на всеобщее обозрение.

Сегодня прогресс науки и техники достиг таких невероятных высот. что появились приборы, позволяющие увидеть атомы! Это — сканирующие зондовые микроскопы, первую модель которых изобрели Герд Бинниг и Генрих Рорер в 1981 году. А в 1986-м за это изобретение, позволяющее исследователям заглянуть в самую глубь материи, им была присуждена Нобелевская премия по физике. И компанию им составил Эрнст Руска. Долго же ему пришлось ждать этой награды, целых 55 лет, но справедливость всё-таки восторжествовала.

В этом микроскопе нового поколения тончайшая игла, заостренная со одного атома, как будто ощупывает поверхность вещества или материала и передаёт его изображение на экран. Так впервые удалось рассмотреть атомы золота на золотой пластинке, которые, как и предполагали химики, расположены плотными рядами, шарик к шарику. А ещё удалось рассмотреть самую главную молекулу жизни — молекулу ДНК, на которой записана вся наследственная информация и которая управляет всеми процессами, происходящими в нашем организме. Так учёные воочию убедились, что молекула ДНК выглядит как длинная цепочка, точнее — как спираль.

Ну что ж, кажется, пора остановиться. Ведь главное мы уже поняли. Всё вокруг нас, включая нас самих, сделано из веществ, вещества — из атомов, атомы — из элементарных частиц. А вот откуда взялись все эти элементарные частицы, из которых сделаны атомы, из которых сделаны вещества, из которых сделано всё, включая нас самих?

Глава 2. Откуда взялись вещества?

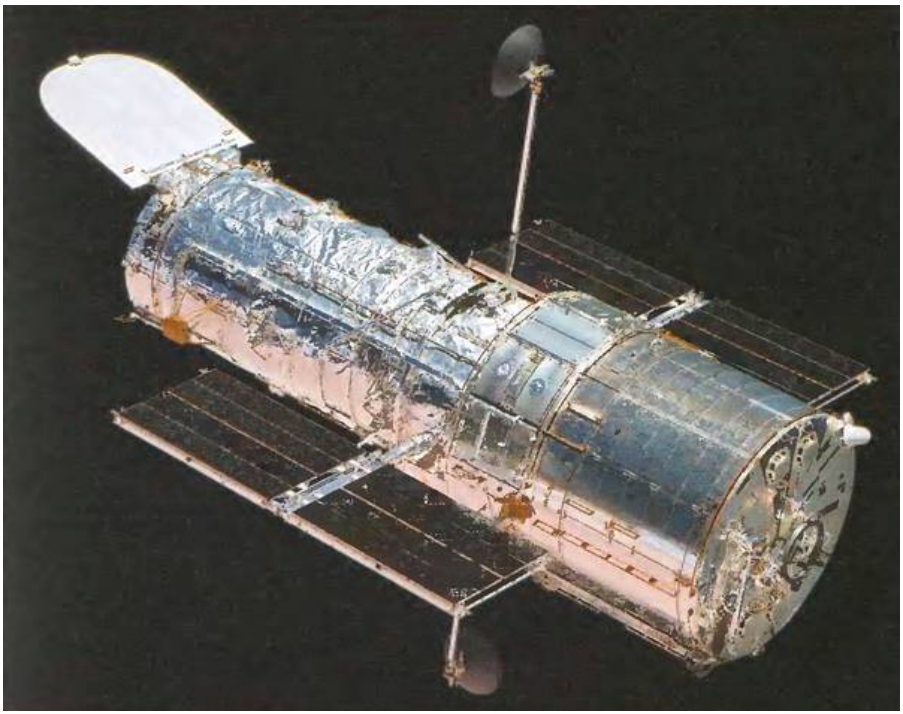


Чтобы понять, откуда взялся строительный материал для материи — элементарные частицы, надо отправиться в далёкое прошлое. «Но ведь машины времени существуют только в фантастических романах и фильмах!» — скажете вы. И нет, и да. Пока что, действительно, не создано никакого транспортного средства, которое могло бы физически перенести нас в прошлое. Разве что в фильмах, таких как «Назад в будущее» (США). А было бы здорово: сел в мягкое кресло, пристегнул ремни, установил на дисплее «−2000 лет», нажал кнопку «Поехали», и через считанные минуты ты уже в древнем Риме, в Колизее, наблюдаешь бой гладиаторов. Возможно, созданием такой машины будете заниматься вы, когда станете исследователями. А между тем астрофизикам, изучающим Вселенную, каждый день удаётся заглянуть в далёкое прошлое и узнать о событиях, которые там происходили. На этот случай у них есть свои машины времени — телескопы.

Всё дело в свете. Когда мы смотрим на любой объект или человека, чаще всего на маму, то видим свет, который отражают её лицо, волосы, очки, костюм, маникюр и морщинки возле глаз, когда она улыбается. Отражённый свет попадает в наши глаза, на специальное приёмное устройство — сетчатку. Она, в свою очередь, передаёт сигнал в мозг, и мозг сам строит изображение того, что мы видим. Отражённый свет несёт информацию о мельчайших деталях объекта, его форме, цвете, фактуре — обо всем. Ничто от него не ускользнёт — ни пятнышко на рукаве, ни грязные ботинки, которые вы забыли почистить перед школой, ни обкусанные ногти. Просто идеальный копировщик.

Свет летит с невообразимой скоростью — 300 000 километров в секунду. Ничто во Вселенной не движется быстрее. Но эта скорость всё-таки конечна. И если свету, несущему информацию об объекте, надо преодолеть расстояние в миллионы или миллиарды километров, то на это требуется уже заметное время. Вот мы смотрим на Луну. И что же мы видим? Красивый белый диск на ночном небе, покрытый тёмными пятнами. Иногда нам кажется, что эти пятна складываются в изображение женского лица. Но вряд ли вы задумывались, что, глядя на Луну, мы смотрим в прошлое, на несколько секунд назад. Именно столько времени требуется свету, чтобы преодолеть расстояние от Луны до Земли. А если мы рассматриваем Солнце, то мы ещё больше удаляемся в прошлое — на несколько минут. Они необходимы свету, чтобы добраться от Солнца до Земли, ведь Солнце расположено от нашей планеты значительно дальше.

Что уж говорить, например, об упомянутой звёздной системе Альфа Центавра! В тёмную ясную ночь её можно увидеть на небе, особенно самую яркую её звезду — Альфа Центавра А. Наш взгляд на эту звезду — это бросок в прошлое почти на четыре с половиной года: столько времени добирается свет от звезды до наших глаз. Если обозначить это расстояние в километрах, то получится длиннющее число со множеством нулей. Оперировать такими числами трудно. Поэтому для космических расстояний астрофизики придумали свою меру длины — световой год. Он равен тому расстоянию, которое проходит свет за год, приблизительно 9 460 000 000 000 (9 триллионов 460 миллиардов) километров.



Вот она, машина времени длиной чуть больше тринадцати метров и диаметром — чуть больше четырех. На этом космическом аппарате установлен знаменитый телескоп Хаббл, который оборачивается вокруг Земли за 96 минут и позволяет заглянуть в прошлое Вселенной на 12 миллиардов лет назад

Самая мощная машина времени сегодня — это американский телескоп «Хаббл» (Hubble Space Telescope), который вращается на земной орбите уже 20 лет. Оптические глаза этого телескопа удивительно зоркие. Они видят почти в десять раз лучше, чем его собратья на Земле. Почему, спросите вы? Да всё дело в атмосфере, окружающей нашу Землю, в том воздухе, которым мы дышим. Нам-то он кажется совершенно «пустым» и потому прозрачным. Но на деле всё не так.

Воздух и атмосфера содержат огромное количество разных веществ — кислород, азот, углекислый газ, пары воды и многое другое. Эти вещества летают над нами и вокруг нас в виде одиночных молекул. А мы-то уже знаем, что одиночные молекулы невидимы нашему глазу. Вот нам и кажется, что прозрачный воздух — это сплошная пустота. Однако свет очень чувствителен к той среде, через которую летит. Да и человек тоже: одно дело нестись по берегу вдоль реки, а другое — бежать по мелководью по пояс в воде. Догадайтесь, кто движется быстрее? В атмосфере Земли свет сталкивается с невидимыми молекулами, рассеивается и немного замедляется. Вот поэтому астрофизики и решили поместить телескоп на орбиту Земли, поднять его над атмосферой, расположить в космическом вакууме, где содержание веществ ничтожно и потому нет никаких препятствий для света, нет помех.

Ожидания астрофизиков оправдались, и теперь у нас есть супертелескоп «Хаббл», который ловит свет далёкого прошлого и посылает на Землю фантастические по красоте снимки разных уголков Вселенной. Кстати, вы тоже можете посмотреть на эту красоту — в Интернете. Снимки доступны для всех.

Спектральные очки

Но зачем нам свет, если мы хотим узнать, откуда взялось вещество? Оказывается, свет может рассказать не только о внешнем виде. Любое сильно нагретое тело излучает энергию. Разогретая печка излучает тепло, раскалённые угли пышут жаром и мерцают красным огнём, а летнее солнце слепит глаза и жжёт кожу. Таково свойство всех веществ и его составных частей, атомов, — возбуждаться и излучать при нагревании.

Возьмите щепотку обыкновенной поваренной соли на кончик ножа (химики для этого используют фарфоровую ложечку) и внесите в открытый огонь. Пламя, охватывающее соль, будет окрашено в яркий жёлтый цвет. Именно такой свет испускают при сильном нагревании атомы элемента натрия, входящего в состав соли. А если вы возьмёте другое вещество, которое содержит элемент калий, то пламя будет сине-фиолетовое. Кстати, этот незамысловатый метод до сих пор используют химики, чтобы определить присутствие того или иного элемента в неизвестном веществе или смеси веществ. А пиротехники — для создания разноцветных праздничных фейерверков.

Синее пламя газовой горелки становится желтым, если в него внести на ложечке обыкновенную поваренную соль. Атомы натрия, входящие в состав этого вещества, обнаруживают себя этим желтым свечением

Астрофизики, поймавшие свет далёкой звезды, могут разложить его на составные части — это называется спектром. Природа тоже умеет это делать. Вы наверняка не раз видели, как после дождя в небе вдруг появляется восхитительная радуга. Это капельки воды, висящие в воздухе, раскладывают видимый свет на составные части. И вы точно знаете, как в этом полосатом чуде будут чередоваться цвета: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий и фиолетовый. А если не знаете, то запомните фразу-подсказку: каждый охотник желает знать, где сидит фазан. Или вот ещё такой шутливый «французский» вариант: как однажды Жак-звонарь головой сломал фонарь Вы уже догадались, что первая буква в каждом слове — это первая буква в названии цвета радуги.

Но вернёмся к астрофизикам. Астрофизики умеют разложить свет далёких звёзд на гораздо более тонкие составные части, причём даже увидеть с помощью специальных приборов те части светового спектра, которые невидимы глазу, — инфракрасную и ультрафиолетовую. Тот, кто умеет читать эти спектры, многое узнаёт о звезде. Например — какая у неё температура, какие элементы входят в её состав, какие процессы протекают на этой звезде и как далеко она расположена от Земли.

Если посмотреть на Солнце сквозь такие спектральные очки, то окажется что на Солнце присутствует около 80 элементов таблицы Менделеева. Больше всего — водорода (почти три четверти по массе) и гелия (почти четверть), и совсем чуть-чуть (2%) остальных элементов.

Однако главный вопрос остаётся — откуда эти элементы взялись на Солнце? Чтобы узнать это, нам придётся вернуться к нашей машине времени.

Вообще, любое разогретое вещество излучает энергию. И это на руку астрофизикам, которые разглядывают светящиеся галактики и узнают о событиях, происходящих в них

Начало всех начал, или Космическая кухня

Сегодня телескоп «Хаббл» позволяет заглянуть на двенадцать миллиардов лет назад! Излучение, пришедшее из невообразимо далёкого прошлого и пойманное «Хабблом», тщательно изучают астрофизики. Так им удаётся воссоздать те космические события, которые разворачивались на протяжении этого гигантского отрезка времени. Они как будто смотрят фильм, прокручиваемый назад, от конца к началу. К тому, с чего всё началось.

А всё началось с Большого взрыва. Именно так назвал момент зарождения Вселенной бельгийский священник и астроном Жорж Леметр в 1931 году. Уже тогда, в начале XX века, астрономы сумели с помощью наземных телескопов разглядеть и понять, что части Вселенной находятся в постоянном движении. И не просто в

движении: они словно разбегаются в разные стороны, удаляясь друг от друга, — точно так, как разлетаются осколки гранаты или искры фейерверка. В конце 20-х годов прошлого века Жорж Леметр посетил своего друга, астронома Эдвина Хаббла (в его честь назван телескоп) в Маунт-Вилсоновской астрономической обсерватории в Калифорнии (США) и узнал об этих последних наблюдениях. А дальше он просто подумал и представил, что будет, если разлетающиеся осколки гранаты обратить вспять, то есть заставить лететь в обратном направлении. Этот мысленный эксперимент привел его к тому исходному моменту, когда граната взорвалась и породила разлетающиеся осколки. Так появилась на свет теория Большого взрыва.

Сегодня астрофизики подсчитали, что Большой взрыв случился около 14 миллиардов лет назад. Взорвалось нечто очень маленькое и невероятно плотное. Жорж Леметр называл это первоатомом, а современные физики — точкой сингулярности. И в момент этого исторического для нашего мира взрыва родились материя, пространство и время. Большой взрыв был невероятно мощным: на его фоне взрыв атомной бомбы — просто комариный писк. Раскалённый шарик с гигантской температурой начал стремительно раздуваться, создавая внутри себя всё больше пространства. По мере расширения температура внутри раскалённой сферы падала, и начала рождаться будущая материя.

Я просто вижу, как вы недоумённо трясёте головой: «Ничего не понимаю! Как это ничего не было, ни материи, ни пространства, ни времени?!» Понять и представить это действительно трудно. Я сама ломала над этим голову многие годы. И вот какая аналогия пришла мне на ум, надеюсь, она поможет и вам. Вас ведь тоже когда-то не было, и для вас не было ни пространства, ни времени. Но вот вы появились на свет, и в этот миг для вас распахнулось пространство и пошёл отсчет времени. Ваше пространство было вначале очень маленьким и ограничивалось вашей кроваткой. Но вы росли, и оно росло, расширялось, вместе с вами. Чем дальше, тем больше будет становиться это пространство, которое вы узнаете и освоите. И пределов вашему познанию нет. Вам открыт весь этот мир — прекрасный и бесконечный.

Но вернёмся к рождению Вселенной. Мы с вами уже знаем, что всё состоит из трех элементарных частиц — протона, нейтрона и электрона. Они-то и появились в самом начале первой секунды после Большого взрыва. Секунда ещё не прошла, а температура уже упала до 300 миллионов градусов, и начали формироваться первые ядра будущих атомов, самых маленьких и простых — тяжелого водорода (один протон, один нейтрон) и

гелия (два протона, два нейтрона). Не случайно эти элементы занимают два первых места в таблице Менделеева. Они действительно были первыми! Через тысячу лет стало «прохладно» — всего-то 30 тысяч градусов. Но это была именно та температура, при которой ядра гелия и водорода смогли притянуть к себе электроны. Так появились первые атомы.

Так выглядит наша Вселенная глазами телескопа Хаббл. Сто миллиардов галактик, вроде нашей, и в каждой из них сто

миллиардов звезд, вроде нашего Солнца! Интересно, сколько планет во Вселенной?

Эта гигантская спиралевидная галактика, как, впрочем, и всё остальное, состоит всего лишь из трёх типов элементарных частиц — электронов, протонов и нейтронов

А потом, ещё через 200 миллионов лет, во Вселенной стало просто чудовищно холодно — минус 272 градуса по Цельсию, или всего около одного градуса по абсолютной шкале температур. При таких условиях газ Вселенной, состоящий из водорода и гелия, стал конденсироваться, то есть объединяться в газовые шары вроде нашего Солнца и других звезд. Силы гравитации всё сильнее сжимали их. Из-за выделяющейся при этом энергии начала расти температура. И вот в недрах звёзд создались условия, при которых началась реакция термоядерного синтеза — слияние ядер водорода и гелия, порождающее ядра всё более тяжелых элементов, всех химических элементов таблицы Менделеева. Так звёзды превращались в гигантские фабрики материи. А ещё в результате этих реакций выделялось много энергии, которая распространялась во Вселенной, в том числе в виде света. Именно поэтому мы видим на небе звёзды, которые удалены от нас на сотни миллионов световых лет.

А потом всё «топливо» в недрах звезды сгорало, и звезда взрывалась, раскидывая по Вселенной наработанную материю. Образовывалась межзвёздная пыль, из неё — пылевые облака, а уже из них — планеты, напичканные самыми разными веществами. Вот так рождалась материя, из которой

сформировались все объекты во Вселенной.

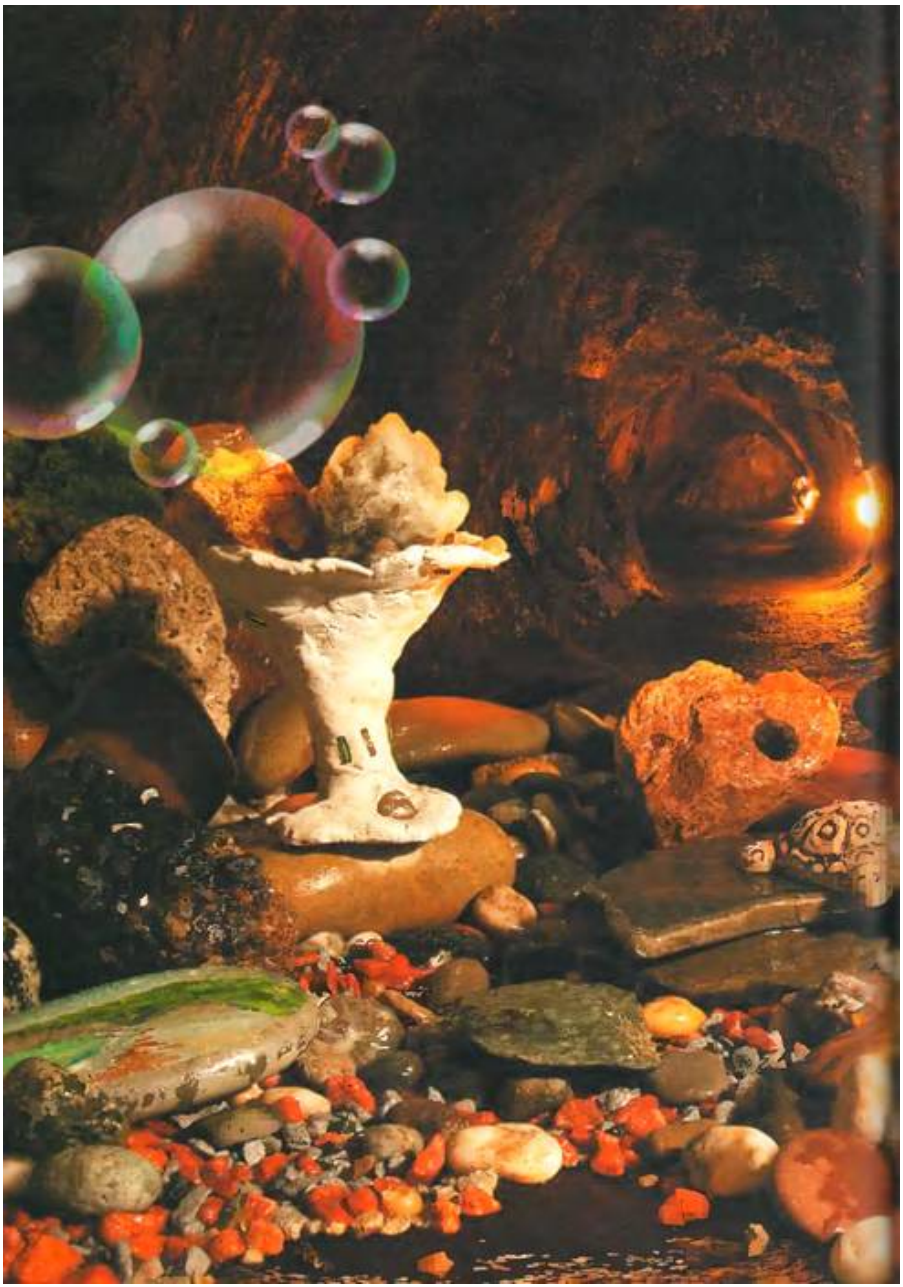
Наша Солнечная система, в которой мы живём, входит в состав нашей Галактики Млечный Путь. В этой Галактике, как и в других, больше 100 миллиардов звёзд. А всего во Вселенной 100 миллиардов галактик вроде нашей. Гигантский, необозримый, загадочный мир! И весь он соткан из материи, то есть вещества, порождённого Большим взрывом.

Хотя на самом деле никто не может утверждать этого наверняка, ведь никто же не видел Большого взрыва. Это всего лишь теория, предположение. Но сегодня все наблюдаемые данные, полученные астрофизиками с помощью «Хаббла» и других телескопов, подтверждают, что сценарий зарождения и развития Вселенной, именуемый «Большим взрывом», очень похож на правду. Впрочем, остаётся много вопросов: а что было до Большого взрыва? Есть ли другие Вселенные, кроме нашей? Будет ли Вселенная расширяться до бесконечности? А если нет, то что с ней в конце концов произойдёт? Возможно, эти вопросы ждут вас, уважаемый читатель. И если вы посвятите свою жизнь исследованию вселенной, то, очень может быть, найдете на них ответы и осчастливите человечество.

Давайте подведём итог. Протоны, нейтроны и электроны, из которых созданы все элементы и вещества, или материя, появились на свет в момент рождения Вселенной, сразу после Большого взрыва. Из них сформировались атомы первых веществ — водорода и гелия, которые по-прежнему остаются самыми распространёнными веществами во Вселенной. А весь остальной набор химических элементов из таблицы Менделеева рождался и продолжает рождаться в звёздах. Здесь при огромных температурах безостановочно протекают реакции распада и синтеза ядер и атомов, здесь рождаются химические элементы, поставляемые, как сырьё, во Вселенную.

Физики утверждают, что количество электронов во Вселенной не менялось с момента Большого взрыва. Это означает, что и количество разных веществ в этом удивительном мире конечно.

Глава 3. Разберём Землю по кусочкам?



Ничего нельзя сделать из ничего, разве что глупость. Вы уже поняли — чтобы собрать молекулу, нужны атомы, а чтобы сконструировать атомы, нужны протоны, нейтроны и электроны. Но ведь нет такого склада, где протоны, электроны и нейтроны разложены по ящичкам, а ящички — по полочкам: приходи и бери, что нужно. И где, спрашивается, всё это взять? Всё это можно получить из других веществ, которые уже существуют. Физики-атомщики умеют разгонять в ускорителях разные атомы до безумных скоростей, сталкивать их и в результате столкновения получать другие атомы и элементарные частицы. А химики, которые неустанно изучают все мыслимые вещества на свете, умеют из одних веществ получать другие с помощью разных химических реакций.

Но вопрос остается — где взять эти самые исходные вещества? Черпать водород, гелий и космическую пыль гигантскими ложками из космического пространства мы ещё не научились. Но пока нам этого и не надо. Ведь у нас есть свой гигантский склад химических реактивов возрастом 4,5 миллиарда лет и весом миллиард триллионов тонн (6*1021 тонн) — наша замечательная планета Земля, которая сплошь состоит из самых разных веществ.

А давайте-ка пробурим гигантский туннель к центру Земли, пустим по нему прозрачный лифт и посмотрим, что там, на этом складе, припасено. Конечно, это чисто умозрительный эксперимент. Самая большая глубина, на которую удалось человеку вгрызться в Землю, пока составляет всего двенадцать с небольшим километров — это наша сверхглубокая скважина на Кольском полуострове. Вроде бы и много. Но для Земли это всё равно, что елочная иголка, впившаяся в кожу слона. Нам-то нужен туннель длиной 6 371 километр, именно таков радиус Земли. Иными словами, надо пробурить подряд 530 скважин таких, как Кольская, чтобы добраться до центра планеты.

И всё же ничто не мешает нам пуститься в мысленное путешествие. Картина, которая должна открыться нашему взору за прозрачными стенками лифта, сегодня подробно описана геофизиками, изучающими строение Земли. И хотя никто из них не щупал содержимого нашей планеты на глубинах больше двенадцати километров и уж тем более не видел сердца Земли — её ядра, внутреннее устройство нашей планеты довольно хорошо известно.

Но как же можно описать то, чего не видел, спросите вы? А ведь мы с вами уже знаем ответ на этот вопрос — по косвенным

наблюдениям.

Учёные прослушивают, зондируют и просвечивают нашу планету — ну совсем как врачи, изучающие наш организм. С помощью рентгена, ультразвука и разных зондов, которые порой приходится глотать или пускать в путешествие по кровяному руслу, доктора рассматривают наши внутренности. А с помощью звука, доносящегося из холодного фонендоскопа, который врач прикладывает к нашей груди, — прослушивают лёгкие и бронхи: уж не началось ли там, тьфу-тьфу, какое-нибудь воспаление. Так и геофизики воздействуют на Землю — разными электромагнитными излучениями и сейсмическими волнами. Потом прислушиваются к эху, изучают отклик и делают выводы о том, в каком состоянии находится вещество на той или иной глубине — жидкое оно или твёрдое, каковы его плотность и температура.

Ну вот, мы уже в лифте. Светящийся экран, вмонтированный в пол, отсчитывает километры нашего погружения. Первый и самый короткий участок нашего пути — около 40 километров на равнинных участках Земли — пролегает через слой, который называется земная кора. Земля покрыта корой, как дерево.

Если крутить головой налево и направо, то, честно говоря, всё равно ничего не будет видно — под землёй кромешная тьма. Впрочем, у нас же в лифте есть мощные прожекторы, они нам немного помогут.

После тончайшего слоя почвы и глины мы погружаемся в каменный туннель с гранитными и базальтовыми стенками. Правда, иногда лифт проскакивает через водные, нефтяные и газовые слои, или горизонты, как их называют учёные, поэтому картина за стенами лифта всё же разнообразная. А тем временем становится всё жарче. На десятикилометровой глубине температура уже под двести градусов! А дальше — ещё горячее. Хорошо, что мы предусмотрительно, пусть и мысленно, надели теплозащитные костюмы.

Резкий звук сирены отвлекает нас от разглядывания содержимого земли. На экране под ногами высвечивается надпись: «Всем сесть в кресла и пристегнуть ремни. Через десять минут проходим границу Мохо!» Этим указанием пренебрегать нельзя. На границе Мохо, открытой в 1909 году хорватским геофизиком и сейсмологом Андреем Мохоровичичем, будет трясти как при хорошем землетрясении. Эта зона высокой активности сейсмических волн опоясывает всю Землю на глубине от пяти (под дном океана) до семидесяти километров. Она отделяет земную кору от самой большой части Земли — мантии, на долю которой приходится 67% всей массы и около 83% всего

объёма нашей планеты.

Путешествие сквозь мантию долгое и неинтересное — всё тот же гранитоподобный камень, только ещё более плотный и тяжёлый. Можно сказать, что в земной коре сосредоточены относительно легкоплавкие вещества, а в мантии — тугоплавкие. Так считают геофизики. Хотя на самом деле всё может быть и не так, ведь учёные добывают всё новые и новые данные и создают новые теории. Тем временем наш лифт проходит путь длиной более 2800 километров — всё равно что дважды съездить из Москвы в Санкт-Петербург и обратно.

На глубине 2900 километров мы подходим к границе мантии и ядра Земли. Дальше лифт отказывается ехать даже мысленно, потому что это смерти подобно. Ведь лифту придётся погрузиться в расплавленный металл, составляющий внешнюю оболочку ядра, пройти 2200 километров в этой раскалённой жиже и уткнуться в твёрдое ядро Земли. По мнению учёных, оно состоит из сплава железа и никеля с добавкой других элементов. Похоже, это «шарик» из сверхпрочной нержавеющей стали, из которой делают подшипники, только очень большой. Температура здесь адская — 5000 градусов, почти как на поверхности Солнца. Но ядро остаётся твердым из-за огромного давления. И очень плотным, так что пробурить через него туннель, даже гипотетически, невозможно.

А как же «Путешествие к центру Земли» Жюля Верна? Действительно, писатели-фантасты в своих романах не раз путешествовали к ядру нашей планеты. Но строгие геофизики не оставили нам ни малейшего шанса увидеть тот удивительный и красочный мир, который открылся под землёй героям романа Жюля Верна.

Впрочем, мы уже поняли, что нам с вами нет нужды забираться так глубоко. Ведь мы ищем нужные нам вещества, а их вполне достаточно в земной коре, которая совсем тоненькая, от пяти километров в океане до семидесяти километров в горах. И мы отлично умеем копать её и бурить.

Школьникам тоже ставят памятники, если этот школьник — Жюль Верн (Нант, Франция)

Из чего сделана Земля?

Говорят, что в Земле можно найти почти все элементы таблицы Менделеева. Ну если не все, то девяносто уж точно. Учёные даже прикинули, сколько атомов разных элементов пошло на строительство Земли. Это число столь велико, что у него даже нет названия. Возьмите листок бумаги, напишите единицу, а к этой единичке припишите ещё 50 нулей. Получится

число, которое не умещается на одной строке тетрадной странички. О чём говорит нам это длиннющее, как змея, число? О том, что атомов в Земле не просто много, а фантастически много.

Что же это за атомы? Треть из них — атомы железа, еще почти треть — кислорода, шестая часть приходится на кремний, восьмая часть — на магний, двенадцатая часть — на серу, никель, кальций и алюминий. А для остальных элементов остаётся одна сотая часть. Таков состав элементов всего содержимого нашей планеты. Но нас с вами интересует только земная кора, на долю которой приходится всего лишь одна двухсотая часть земной массы. Хотя и это очень много, учитывая гигантский вес нашей планеты.

Из чего же состоит земная кора? Здесь меню побогаче и поразнообразнее.

Восемнадцать элементов — кислород (O) и кремний (Si), алюминий (Al) и железо (Fe), кальций (Ca) и натрий (Na), калий (K) и магний (Mg), водород (H) и титан (Ti), углерод (C) и хлор (Cl), фосфор (P) и сера (S), азот (N) и марганец (Mn), фтор (F) и барий (Ba) — составляют 99,8 % массы земной коры. Больше всего кислорода (половина массы земной коры) и кремния (четверть). А где же золото, серебро и платина, столь драгоценные и любимые нами металлы? Они тоже есть. Однако на их долю вместе с остальными десятками элементов приходится всего лишь одна пятисотая часть земной коры.

В земле много серых и невзрачных камней. Но расколешь такой булыжник, отшлифуешь и изумишься редкой красотой. Как, например, этого агата, найденного в Подмосковье

А вот еще одна редкость — самородок чистейшей меди, найденный в земле в Алтайском крае. Обычно медь встречается в природе только в виде соединений с другими элементами. (Этот красивый образец принадлежит компании «Русские минералы»)

Сера — ещё одно простое вещество, которое можно найти в земле. Например — вот такие кристаллы серы из Новояровского месторождения на Украине

Эти кристаллы, похожие на конфетки, — довольно редкий минерал ванадинит. Он содержит не только ванадий, как следует из названия, но еще и свинец. Так что класть их в рот не рекомендуется

Разумеется, все эти элементы не разложены по отдельным коробочкам, бутылочкам и ящичкам с соответствующими этикетками, как положено на настоящем складе химических реактивов. Элементы в чистом виде, то есть в виде простых веществ, встречаются в земле крайне редко. Это, например, самородное золото, замысловатые слитки которого, маленькие и большие, можно увидеть в минералогических музеях. Или жёлтая сера в восковых на ощупь кристаллах. А ещё — углерод в виде алмазов, из которых делают изумительные прозрачные бриллианты, блестящего чёрно-серого графита или чёрных угольных пластов. В основном же земные породы сложены из оксидов — так химики называют соединения элементов с кислородом в разных соотношениях. Вот почему кислорода в земной коре больше всего.

А ещё, помимо оксидов, в земных породах встречаются самые разные соли — так химики называют соединения атомов металлов с другими элементами. Например — наша поваренная

соль, хлорид натрия, или пирит, сульфид железа, который блестит в камнях золотыми прожилками и часто сбивает с юлку искателей золота — очень уж похож.

А есть и более сложные соли, содержащие атомы металла, кислорода и ещё какого-нибудь элемента, например — карбонат кальция, он же белый мягкий мел, которым учительница пишет на доске. Это тоже природный камень, состоящий из атомов кальция, углерода и кислорода в соотношении 1:1:3. Чтобы более коротко записать состав этого вещества, химики используют такой прием: записывают в строчку символы элементов, а рядом с ними, чуть ниже, их относительное количество в веществе. Получается: Ca1C1O3 или, ещё проще, CaCO3. Коротко и ясно. Это называется химической формулой вещества.

Все эти вещества — твёрдые, они умеют образовывать кристаллы разного цвета, они смешиваются, переплетаются, врастают один в другой по велению природы. А в результате образуются самые разные камни — невзрачные, обычные, серенькие или яркие, с замысловатым узором и прожилками. Или прозрачные кристаллы разного цвета, которые называют драгоценными и полудрагоценными камнями. Песок и галька на пляже, скользкая глина на разбитых дорогах, камни в горах, которые сыплются из-под ног, — всё это застывший кристаллический коктейль из тех веществ, о которых мы только что с вами говорили. И все это называется минералами.

Откуда мы это знаем, спросите вы? А всё благодаря геологам, минералогам и геохимикам. Они неустанно исследуют то, что у нас под ногами. Геологи путешествуют по миру, по лесам, по горам, по долинам рек и пустыням с рюкзаком за спиной и со специальным молоточком в руках — собирают разные необычные камни и образцы пород. А минералоги и геохимики в лабораториях тщательно исследуют образцы — рассматривают рисунок, изучают блеск и излом камня, проверяют его магнитные свойства, просвечивают рентгеном и воздействуют химическими реагентами, чтобы узнать химический состав и кристаллическую структуру.

Эти удивительные кристаллы-кубики, похожие на золото, — вовсе не золото, а природный минерал пирит, соединение железа с серой. Из него можно получить железо. Кстати, размеры этих кристалликов невелики — два-четыре сантиметра. Нашли их на Урале и в Испании

Право первооткрывателя

На мой взгляд, «минерал» — очень красивое французское слово. Так называют все природные вещества с определённой кристаллической структурой и свойствами, которые образовались по воле природы. Они входят в состав земной коры, горных пород и руд.

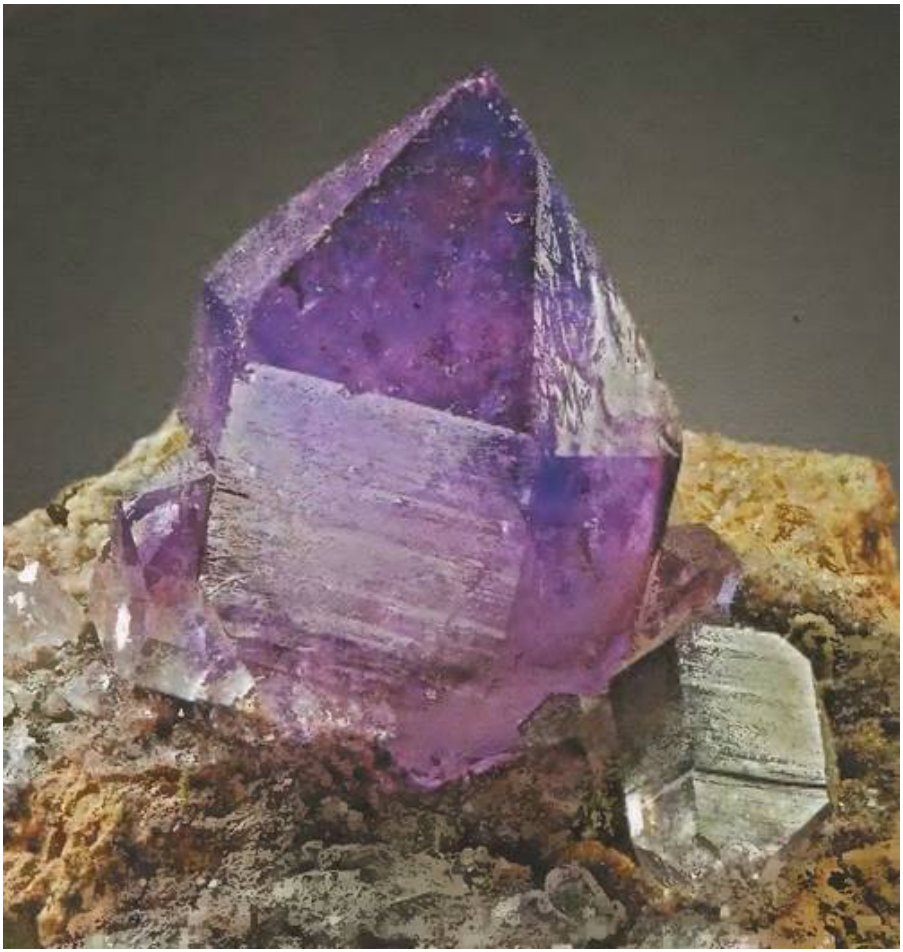
Но это мы с вами уже знаем. А вот чего мы пока не знаем, так это сколько же минералов существует в природе. На этот вопрос не ответит ни один минералог. Он только скажет, что двести лет

назад было известно менее ста минералов, а сегодня открыто более четырех тысяч. Причём каждый год учёные находят десятки новых, тщательно исследуют их, выносят результаты своих изысканий на суд научного сообщества и при положительном исходе присваивают ему имя. После этого новый минерал попадает в официальный каталог.

Среди этих четырёх тысяч лишь 20-30 минералов, главнейшие из которых — кварц, полевой шпат и роговая обманка, слагают большую часть земной коры, а остальные встречаются относительно редко. Если вы на проселочной дороге подцепили носком ботинка серый плоский камешек, то, скорее всего, это один из трёх перечисленных минералов.

Кстати, а откуда берутся имена минералов? Имена, как известно, дают родители. А родители минералов — это те исследователи, которые их открыли и изучили. В давние времена, сотни лет назад, минералы называли по имени места, где их находили. Например, топаз впервые обнаружили на острове Топазион в Красном море, а халцедон — вблизи одноименного города в Малой Азии. Впрочем, и современные геологи используют этот прём. Красивый минерал чароит, который обнаружили совсем недавно, лет тридцать назад, назвали по имени реки Чары на юге Якутии.

Часто в именах минералов «зашифровывали» их свойства, в первую очередь — цвет: рубин означает «красный», аквамарин — «цвета морской воды». Но часто основой для имени становилось строение камней. Вот, к примеру, полевой шпат. Из-за особенностей кристаллической структуры этот камень может раскалываться на тонкие пластины. Поэтому и называется он «полевой шпат» от древнегреческого spate — пластина. Или возьмем роговую обманку. Если разбить этот камешек, то на изломе он будет похож на чешуйчатый рог. Отсюда и название.



Иногда минералы называли по их свойствам, истинным или мифическим. Таков аметист, который в переводе с древнегреческого означает "неопьяняющий". Древние верили, что аметист защищает его владельца от пьянства

Минерал аквамарин действительно цветом напоминает морскую воду. Поэтому его так и назвали в очень давние времена — аквамарин (морская вода)

Иоганн Вольфганг Гёте был не только знаменитым поэтом и государственным деятелем, но еще и естествоиспытателем. Он создал теорию цвета и собрал замечательную коллекцию минералов.

Вот почему в его честь был назван минерал гётит, который изображен на фотографии. Кстати, это второй именной минерал в мире. Гётит — один из основных минералов, из которых получают железо. Этот образец нашли на Украине

Сегодня другая мода. Почти 40% всех названий минералов образованы от фамилий или имён разных людей. Эту моду ввёл в XVIII веке немецкий геолог Авраам Вернер. Первый именной минерал пренит — дело его рук. Он назвал его в честь полковника фон Прена, доставившего с мыса Доброй Надежды первые образцы этого минерала.

Поначалу мода приживалась с трудом, и в ход шли имена только важных особ. Например красивый камень александрит назвали в честь царя Александра II. Зато теперь во многих названиях мы слышим отголоски имён учёных, писателей, философов, поэтов, коллекционеров, артистов, политических деятелей... Всех не перечесть. Например, минерал беловит назван в честь кристаллографа и геохимика Николая Васильевича Белова, а биотит — в честь французского физика Жана Батиста Био, изучавшего магнетизм и оптику. В названиях камней увековечены имена знаменитых Пьера Кюри, открывшего

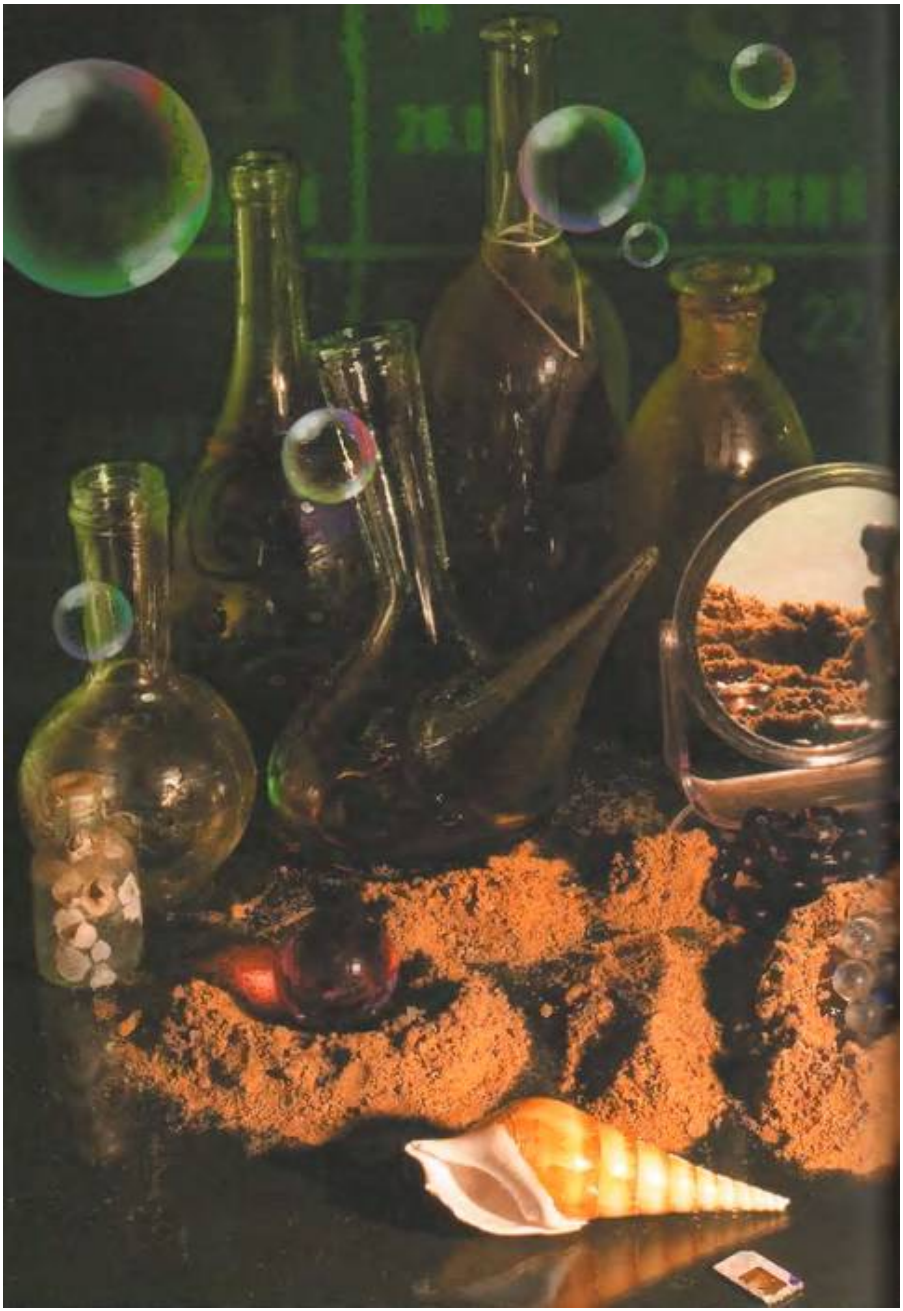
элементы полоний и радий, Антуана Анри Беккереля, открывшего явление радиоактивности урана и его солей, и многих других.

Родители минералов не забыли и о космонавтах. В честь Юрия Гагарина, первого человека, совершившего полёт в космос в 1961 году, появился гагаринит. А фамилия американского астронавта Нила Олдена Армстронга, впервые ступившего на поверхность Луны, звучит в названии «армстронгит». В названии «гётит» читается имя знаменитого немецкого писателя и философа Иоганна Вольфганга Гёте, который, кстати, увлекался минералогией и собрал чудесные коллекции камней. А на кого вам намекают «рузвельтит» и «джефферсонит»? Не знаете? Спросите у папы. Он точно скажет, что здесь явно звучат имена двух президентов Соединённых Штатов Америки.

Открытие нового минерала по-прежнему остается событием в науке, потому что позволяет сделать ещё один шажок к пониманию того, как зарождалась и формировалась Земля и другие планеты. Не говоря уже о том, что новый минерал может быть полезен человечеству — мало ли что можно будет сделать из этого камня. И хотя за спиной минералогии сотни лет истории, эта наука по-прежнему хранит тайны.

Не исключено, что и вы увлечётесь красотой и гармонией, заключённых в камнях, станете известным учёным, откроете новый минерал и назовёте его в честь своей мамы. Вот уж она будет рада! Не зря уговаривала вас хорошо учиться и поступить на геологический факультет. Да и вообще, какая мама не желает своим детям добра? Нет таких.

Глава 4. Красивая жизнь вещества



Ну вот, теперь мы знаем, из чего сделана Земля и что в ней припасено. Как же этими несметными богатствами распорядиться? Ответ знают химики, потому что любое вещество для них — что дитя родное.

Проще всего взять у природы готовое вещество и пустить его на свои нужды. Вот, к примеру, обычный песок, он же диоксид кремния (SiO_2), он же кремнезём и кварц.

Сколько всего можно сделать из этого невзрачного и вездесущего вещества! И добывать его просто, ведь песок лежит совсем не глубоко, а то и вовсе на поверхности земли. Запустил в песчаный карьер экскаватор, он своим ковшом подцепил кучу песка, высыпал его в самосвал, и побежала машина с песком к тем, кому он нужен.

Самое простое, что можно сделать с песком, это сыпать его под фундаменты будущих зданий, на дорожки в парках и стадионах и в песочницы, чтобы детишки могли возводить свои песчаные замки. Но это действительно просто. А если с песком поработать, то можно получить совершенно удивительный материал, который в своё время изменил облик всей цивилизации. Догадались, о чём я говорю? Правильно — о стекле. Вазочки и кувшины, стаканы и бутылки, украшения и лампочки, люстры и очки, окна и стеклопакеты — разве можно сегодня представить себе жизнь без всего этого стеклянного великолепия?

Чтобы превратить песок в стекло, приходится тратить много сил и энергии в прямом смысле этого слова. Песок надо расплавить, а плавится он при очень высокой температуре — более 1700 градусов! Железо и то легче расплавить. Чтобы раскалить в печи песок до такой температуры, нужно очень много топлива (если печь газовая) или электричества (если печь электрическая). Но здесь на помощь приходит маленькое химическое чудо. Если к песку добавить немного соды (химики называют это вещество карбонатом натрия) и мела (карбонат кальция), то температура плавления снизится на 700 градусов. При таком удачном сочетании компонентов песок расплавится, навсегда потеряет свою жёсткую кристаллическую структуру и превратится в прозрачную, жидкую массу, которая застынет, но так и не станет кристаллической. Вот она, химия в действии!

Как вы думаете, давно ли люди догадались, как делать стекло? Мелкие изделия из стекла — бусинки, колечки, маленькие пузырьки — научились изготавливать ещё в Древнем Египте несколько тысяч лет назад. Значит, уже тогда знали его рецепт. А вот листовое гладкое стекло впервые начали делать в

конце семнадцатого века. Кстати, первый стекольный завод был построен шведом Елисеем Колтом в 1635 году недалеко от Москвы. Но первые листовые стёкла были маленькие, размером с обычную книжку. Да и гладкостью особой не отличались, ведь тогда остывающую стекольную массу просто раскатывали хорошо ошкуренным бревном.

Первые оконные стёкла были невероятно дороги, поэтому в домах, возводимых в конце семнадцатого и начале восемнадцатого века, окошки были маленькие. В богатых домах эти небольшие стеклянные пластинки вставляли в ячеистую деревянную раму. Тогда окно получалось вроде бы и большим, но состояло из нескольких стеклянных окошек в деревянном обрамлении. Именно такие окна вы можете увидеть в здании Кунсткамеры на Васильевском острове в Санкт-Петербурге, строительство которого началось по указанию Петра Первого в 1718 году. Говорят, что ещё 200 лет назад во Франции взимали налог с тех, у кого были стеклянные окна. Наверное, это был налог на роскошь.

Легко построить замок из песка. Намного труднее расплавить песок и получить из него тягучую стеклянную массу. А уж выдуть из нее, например, химическую колбу или красивую елочную игрушку — это и вовсе искусство

Обычный песок может обернуться красивейшим горным хрусталем, если в земле сложатся подходящие условия. Химический состав у песка и горного хрусталя (кварца) одинаковый. Но внешний вид зависит от структуры минерала. Согласитесь, что этот кристалл длиной семь сантиметров, найденный на Приполярном Урале, действительно очень похож на хрусталь, а не на песок

Сегодня совсем другое дело. Огромные стеклянные витрины, размеры которых измеряются уже не сантиметрами, а метрами, — обычная примета любого современного города. Большие, идеально гладкие плоские стёкла делают по особой технологии,

предложенной в 1959 году английскими технологами. Представьте себе огромную прямоугольную ванну, заполненную расплавленным металлом — оловом. Поверхность расплавленного металла идеально гладкая. Вот на неё-то и выливают расплавленную стекольную массу. Она легко и равномерно растекается по горячему металлу, образуя слой постоянной толщины. Так потихонечку и остывает в ванне вместе с оловом. А потом идеально гладкий лист стекла отправляют в работу — режут и упаковывают. Именно такие стёкла сегодня вставляют в стеклопакеты.

«Калейдоскоп» и кристаллы Сваровски

Наверняка у вас была или даже есть простенькая детская игрушка под названием «Калейдоскоп». Я права? Не знаю, как вы, но я, честно говоря, и сейчас иногда в него смотрю. Всего лишь три зеркальные пластинки и несколько маленьких разноцветных стёклышек, которые свободно перемещаются по донышку трубки калейдоскопа, если её вращать. И вот уже нашему взору предстают самые разные, удивительные, яркие узоры, сложенные из цветных стёклышек.

Как стеклу придают цвет в объёме? Да с помощью тех же самых природных минералов и соединений, которые добавляют в стекольную смесь перед её плавлением. Чтобы получить зеленоватый и жёлтый цвета, добавляют соединения хрома, оранжевый — соединения серебра, синий — кобальта, бутылочный или изумрудно-зелёный — железа, голубой и синий — меди, а кроваво-красный — кадмия.

Самые обычные цветные стеклышки, если они спрятаны внутри детской игрушки «Калейдоскоп», могут складываться в такие вот поразительные по красоте узоры, похожие на витражи и мозаику. На самом деле, никакого такого узора на донышке калейдоскопа нет. Просто свет, проходящий через прозрачные стеклышки, многократно отражается в зеркальных пластинках, встроенных в трубку калейдоскопа. И мы видим размноженное сочетание стеклышек, что случайно сложилось на донышке. Всего лишь игра цвета и света. Но сколько удовольствия!

А знаете, из чего сделаны рубиновые звезды на башнях Московского Кремля? Из ярко-красного стекла с добавками селена. И золотой шпиль на высотном здании МГУ тоже стеклянный. Он изготовлен из ярко-жёлтого стекла. Изнутри шпиля стекло покрыто тонким слоем алюминия, поэтому в солнечный день он блестит не хуже золотого, а служить будет дольше.

Если же в стекольную массу добавить соединения свинца и бария, то получится звонкий хрусталь. А еще хрусталь поддаётся огранке, на его поверхности вырезают замысловатые рисунки, а потом полируют грани. Подойдите к буфету, достаньте хрустальный фужер (только осторожно, бабушки очень расстраиваются, когда разбивают их хрусталь) и посмотрите, как играет свет на их гранях. Правда, красиво? Из обычного стекла такого сделать нельзя, оно слишком мягкое и «течёт» на гранях и ребрах, так что никакой игры света не получается.

А как вы думаете, из чего делают модные украшения — кристаллы Сваровски, которые выпускает австрийская компания с тем же названием? Из того же хрусталя, то есть, по сути, из стекла! Хрусталь для кристаллов Сваровски на треть состоит из оксида свинца, то есть он ещё твёрже обычного хрусталя.

История с модными кристаллами началась больше ста лет назад, в 1891 году. Тогда Даниэль Сваровски изобрёл автоматическую машину для огранки хрусталя, а через три года основал собственную компанию со своим именем. Интерес Сваровски к гранильному делу вполне объясним. Ведь он родился (1862) в маленькой деревне Георгенталь в Северной Богемии, которая уже тогда славилась своими стекольщиками, хрустальщиками, огранщиками и шлифовальщиками. Азы ремесла Даниэль освоил в мастерской отца, а затем восемнадцатилетним юношей отправился учиться в Париж, где изучил физику, химию, механику и инженерное дело. Побывал он и на Всемирной выставке электричества в Вене (1883), после чего и задумал сделать электрический станок для огранки камней и хрусталя.

Правда, в те времена никто и не думал заменять бриллианты каким-то стеклом. Это было просто неприлично. Твёрдые кристаллы с острыми гранями нужны были для изготовления шлифовальных и режущих материалов.

О кристаллах Сваровски как элементе ювелирных украшений заговорили лишь в последние пятьдесят лет, когда вдруг подскочил спрос на блестящие украшения, похожие на бриллиантовые. Сегодня бум вокруг кристаллов Сваровски настолько велик, что фирменный магазин в Вене, где продают украшения, статуэтки и просто кристаллы, работает круглые сутки. Витрины в нём сверкают так, что глазам больно. И дело здесь не только в игре света на гранях кристаллов. На некоторые свои изделия компания наносит специальные покрытия. Самое популярное — «Северное сияние Авроры», благодаря ему на поверхности кристалла появляются радужные отблески.

Так выглядит вход в музей «Хрустальные миры Сваровски», который находится в Австрии. Кстати, лицо этого великана отделано кристаллами Сваровски. В этом музее много хрустальных чудес, и все они — из стекла. Как, например, вот это голубое хрустальное сердечко, очень похожее на бриллиант

Самая лучшая сковородка

Итак, на примере песка мы убедились, что у земли можно взять готовое вещество, немного поколдовать с ним и получить материалы, которые сильно облегчат и украсят нашу жизнь. «Но ведь есть материалы и вещества, которых нет в природе в чистом виде?» — скажете вы. Спасибо за умное и своевременное замечание. Действительно, железо, алюминий, медь можно найти в земле только в виде соединений с другими элементами. Справедливости ради надо сказать, что самородки чистого железа и меди, порой даже очень крупные, встречаются, но крайне редко. А мы-то без этих металлов жить не можем. Иначе из чего делать сковородки, провода, велосипеды, самолёты и многое другое?

Вам нужно железо? Да, я прекрасно вас понимаю, ведь железо — самый востребованный человечеством металл, на нём держится 95% мирового металлургического производства. Ну что ж, пожалуйста! Берём железную руду, которая состоит из оксидов железа. Откуда берём? Да из месторождений этих минералов, благо геологи точно знают, где они находятся. В нашей стране — в основном на Урале, здесь уже открыто около 50 средних и крупных месторождений и более 200 мелких. Специальные машины снимают верхний слой земли и обнажают пласты с рудой. А дальше к делу подключаются экскаваторы. Они черпают эту руду гигантскими горстями, и она отправляется в переделку — в доменную печь. Кстати, первая доменная печь появилась в России почти 400 лет назад.

Домна — это огромное сооружение высотой с двенадцатиэтажный дом, в чреве которого царит чудовищная жара, температура достигает 2000 градусов. Сюда и загружают измельчённую руду в смеси с измельчённым коксом (углем), то есть углеродом, и другие добавки. А дальше в печи происходит цепочка волшебных превращений, углерод отнимает кислород у железной руды, в результате чего образуется расплавленный металл. Его горячие ручьи стекают вниз печи и выливаются из печки раскалённым, светящимся потоком. Он такой яркий, что

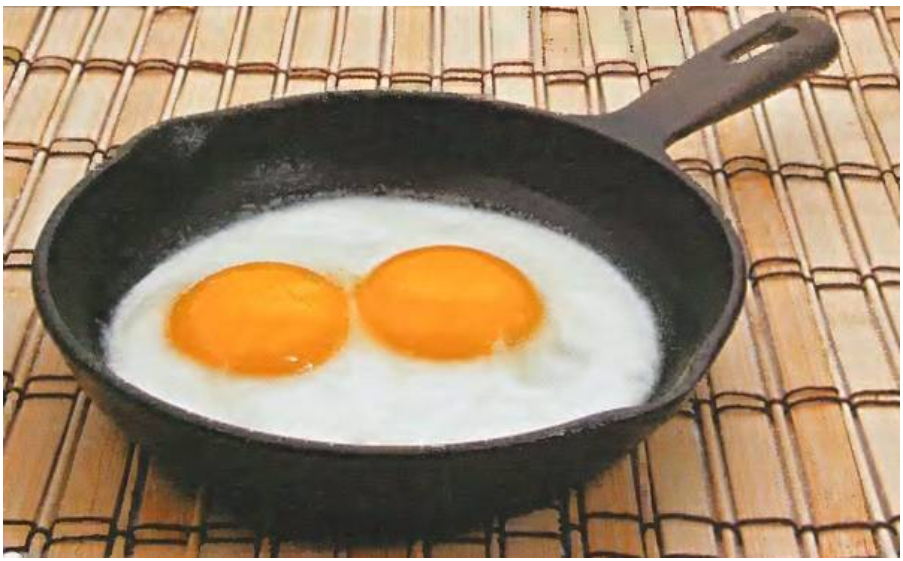
может ослепить, поэтому сталевары смотрят на него через специальные затемнённые стекла.

Полученный металл — это ещё не чистое железо. Жидкий расплавленный металл растворяет в себе небольшое количество углерода, как вода растворяет соль. Такой материал называют чугуном. Тем самым, из которого сделана любимая бабушкина сковородка — только на ней получаются самые лучшие блины и самая вкусная жареная картошка. Поэтому бабушка её так бережёт.

Чтобы получить чистое железо, из чугуна надо «выгнать» углерод. Химики умеют это делать, как и многое другое. Они — великие мастера извлекать из природных материалов то, что нам нужно. А нужно нам всего так много!

Всё, хватит теории. Давайте-ка прогуляемся по городу и внимательно посмотрим по сторонам — где ещё используются природные вещества и продукты их переработки. Ну что, готовы? Оделись по погоде?

Тогда — вперед.



Чтобы сделать лучшую в мире сковородку, на которой получается самая вкусная жареная картошка, блины и яичница, надо сначала изготовить чугун — железо, в котором растворено немного углерода. Кстати, чугун при высокой температуре становится жидким и льется, как тесто для блинов. Затем его заливают в форму, чтобы он застыл и превратился в сковородку. Получается, что сковородки пекут, как блины

Печём кирпичи

Только мы вышли из подъезда, как наш взгляд упёрся в соседний дом — высокий, кирпичный, с большими окнами. Про стёкла в окнах мы же знаем, на их изготовление пошёл песок. А что же кирпичи? Из чего их делают? Из глины, которой полным-полно в земле.

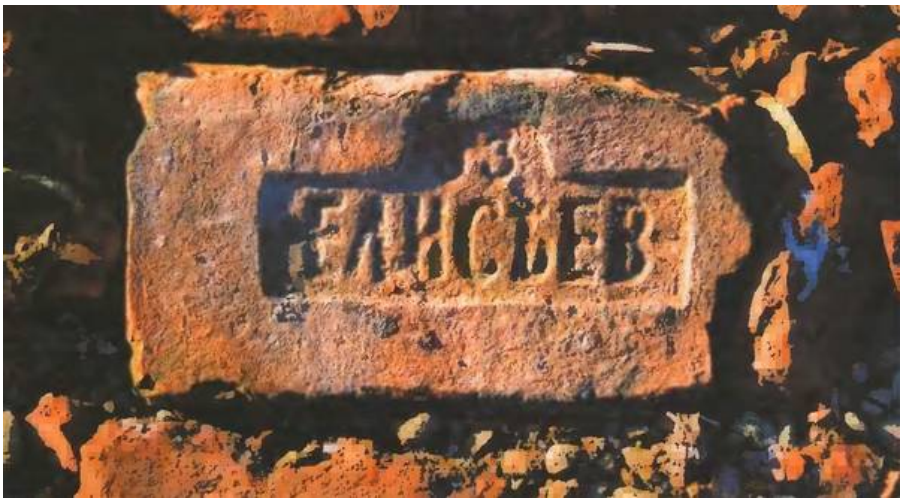
По своей химической природе глина — это соединение трёх элементов (алюминия, кремния и кислорода), но в ней много разных примесей. Поэтому глины различаются по цвету и пластичности. Вы не знаете, что такое пластичность? Но пластилин-то вы знаете! Очень похожие слова, не так ли? Из одного сорта глины удобно лепить разные фигурки, тарелки, кирпичи, из другого не очень, в этом суть.

Те, кто делают кирпичи, знают, какая глина подойдёт лучше

всего — она должна содержать песок, не меньше четверти по весу. Глину выкапывают в карьерах, привозят на кирпичный завод и замачивают в воде, а на современном производстве — увлажняют паром. Так получают сплошную густую массу, из неё делают длинную глиняную ленту, которую режут на кирпичи, как тесто на буханки хлеба, и отправляют на сушку в печь. Здесь, при температуре до тысячи градусов, глиняная заготовка затвердевает, краснеет и превращается в камень.

Для многих глина — это просто грязь, особенно если она на ногах. И правильно, у каждого вещества — своё место, где оно нужно и полезно

Место глины — в карьерах, где её добывают, чтобы изготовить кирпичи, горшки, кувшины и много других полезных вещей



Одна из любимых профессий глины — кирпич, материал на века. В прежние времена было принято ставить на каждый кирпич клеймо с именем владельца завода. Кто о нём вспомнил бы сейчас, если бы не кирпич? А ещё глина любит гончарный круг. Здесь она в руках опытного гончара может превратиться в изящный кувшин или вазу

Вообще, красный кирпич — гениальный строительный материал. Он почти что вечный — не меняет форму со временем, не растрескивается, не гниёт, не пропускает влагу и не горит. Из него можно построить едва ли не вечный дом! В следующий раз, когда вы окажетесь на Манежной площади в центре Москвы, присмотритесь к зданию Исторического музея возле Красной площади — стоит, как новенькое, хотя ему больше ста лет. И кирпичи там какие-то особенные, уж больно красивые. На каждом из них, уверяю вас, стоит клеймо того кирпичного завода, который изготовил его ещё в девятнадцатом веке.

Какое счастье, что человечество в семнадцатом веке надумало строить в городах поменьше деревянных домов, а побольше каменных. И не случайно надумало. Второго сентября 1666 года вспыхнул Великий лондонский пожар, который полыхал четыре дня и полностью уничтожил английскую столицу. А сколько раз сгорала дотла деревянная Москва! Точное

число не могут назвать даже историки, потому что счёт идёт на многие десятки.

Один из наиболее сильных пожаров случился в мае 1737 года, когда выгорел и Кремль. По преданию, первым загорелся дом Милославских за Боровицким мостом, от свечки, которую поставила перед иконой солдатская вдова. Отсюда и пошло выражение: «Москва сгорела от копеечной свечки». Именно во время этого пожара раскололся только что отлитый Царь-колокол, ещё находившийся в земляной яме. Над ним загорелась кровля, её начали тушить водой, кровля обрушилась, и от колокола откололся кусок весом 11 тонн. Последний раз Москва выгорела дотла в 1812 году после вступления в неё войск Наполеона. Пожар продолжался неделю и уничтожил 6,5 тысяч домов из 9 тысяч. Лишь после этого городские власти решили застраивать центральную часть Москвы только каменными зданиями.

Из кирпича строили многочисленные здания заводов, фабрик и вокзалов, появившиеся в девятнадцатом веке. Владельцы хотели обеспечить безопасность оборудования и множества людей, которые находились в этих помещениях. Теперь эти красивые сооружения, если они уже не используются по первоначальному назначению, стали шикарным прибежищем для музеев, галерей и выставочных залов, таких как Тейт Модерн в Лондоне или Д'Орсэ в Париже.

Благодаря чудо-кирпичу до наших дней дожили в целости удивительные творения архитекторов разных эпох, настоящие сокровища — Кремль в Москве, собор Парижской Богоматери в Париже, Домский собор в Риге, знаменитая Мескита в Кордобе и София в Стамбуле, Великая Китайская стена... Всего перечислить невозможно.

Смотрите-ка, на той стороне улицы стоит дом из кирпича, но кирпич почему-то белый. Да, есть и такой. Это так называемый силикатный кирпич, сравнительно недавнее изобретение. Его делают не из глины, а из песка. В песок добавляют немного извести и воды, а затем прессуют под высоким давлением и при повышенной температуре. Это хороший выход для тех мест, где нет глины под рукой, а только песок. Силикатный кирпич в целом совсем не плох, вот только выкладывать им камины и печи нельзя — при температуре выше 600 градусов он растрескивается и рассыпается.

Почему цемент надо держать сухим

Уж коль мы заговорили о домах, то давайте обратим внимание на этот семнадцатиэтажный дом, где никакие кирпичи не просматриваются. И правильно, потому что этот дом сделан из бетонных панелей, его так и называют панельным. А из чего сделан бетон? Тоже из природных материалов, которые мы заимствуем у земли: щебёнки, цемента, песка и воды. Их перемешивают в определённой пропорции в бетономешалке. Потом то, что получилось, заливают в большие формы с профилем панели дома и ждут, когда бетон застынет. Застывая, он превращается в каменный монолит. Сделать отверстие в бетонной стене, чтобы повесить любимую фотографию, — мука мученическая, ничто её не берёт, ни гвозди с молотком, ни обычная дрель.

Но вернёмся к составу. Если щебёнку (то есть камни), песок и воду мы берём у природы и напрямую пускаем в дело, то вещество под названием «цемент» надо приготовить. Во всех странах строят цементные заводы. И хотя вокруг этих заводов всё покрыто слоем белой пыли, состоящей из мельчайших частичек цемента, без них, заводов, никак нельзя.

Сделать стены дома гладкими и красивыми можно с помощью штукатурки, для изготовления которой используют цемент. Эту

технологию используют с давних времён. А чтобы дома отличались друг от друга, в штукатурку подмешивают пигменты, приготовленные из природных минералов. Поэтому дома в Венеции выглядят так нарядно, стены защищены от постоянной сырости

Человечеству для строительства нужны сотни тысяч тонн цемента в год. А для этого цементные заводы перерабатывают горы известняка

Ведь цемент — главный материал в строительстве. С его помощью скрепляют кирпичи и прочие камни, чтобы стена не развалилась, делают бетон и выравнивают пол и стены, когда ремонтируют квартиру.

Чтобы изготовить цемент, сначала на карьерах добывают глыбы известняка. Этот природный минерал имеет тот же состав, что и мел, но другую кристаллическую структуру, поэтому он намного твёрже. Затем в специальных грохочущих дробилках известняк перемалывают до крошечных размеров и перемешивают с глиной в соотношении три к одному. Эту смесь обжигают в печах при 1500 градусах и получают тот самый серый порошок, который лежит в мешках в коридоре возле квартиры вашего соседа, затеявшего ремонт. Кстати, первый патент на изготовление цемента был получен в Англии менее чем 200 лет назад. Изделия из него по цвету походили на камни с английского острова Портланд поэтому этот цемент по сей день называется портландцементом.

Цемент, так же как и порох, надо держать сухим. Стоит попасть воде, как рыхлый порошок схватывается и превращается в камень — вода навеки скрепляет компоненты цемента между собой, помогая выстраиваться прочным химическим связям. Именно для этого и добавляют цемент в будущий бетон: немного воды — и камни схватываются намертво.

А вот ещё какой симпатичный домик, явно давней постройки: стены ровные, гладкие, тёплого жёлтого цвета, а колонны и портик над входом — белые. Ни кирпичей, ни панелей не видать. Дело в том, что поверхность этого домика покрыта штукатуркой, поэтому она такая гладкая. Штукатурка — смесь того же цемента с водой. Главное — успеть ровненько растереть его по поверхности, пока он не схватился. А жёлтый цвет поверхности придаёт минеральный пигмент, например охра — тонко измельчённая глина с большим содержанием оксидов железа. Её добавляют в краску, которой покрывают штукатурку.

В давние времена, когда о цементе и слыхом не слыхивали, стены штукатурили известковым раствором, благо он белого цвета. Получали известь из того же известняка, прокаливая его при высокой температуре. Затем известь гасили водой, добавляли песок и образовавшейся смесью штукатурили стены.

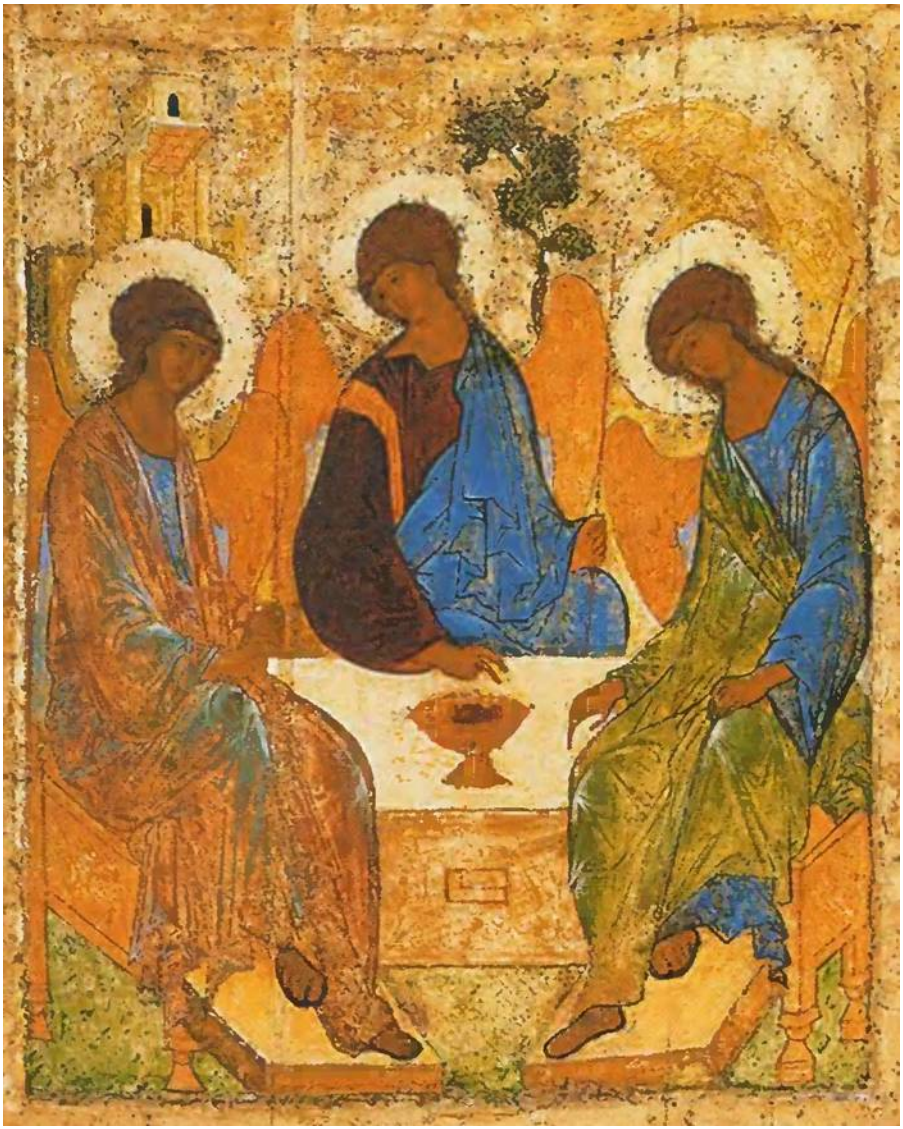
Известковая штукатурка тех времен схватывалась не так быстро, как цемент. И это было на руку художникам, которые должны были украшать храмы фресками. Ведь настоящую фреску рисовали по сырой штукатурке, отсюда и название: по-итальянски fresco — свежий. Тогда художники использовали минеральные пигменты — краски, приготовленные из природных материалов. Их так и называли земляными красками. Минералы, обладающие ровным ярким цветом, измельчали в ступках до тончайшей пыли, набивая мозоли на ладонях, разбалтывали в воде и рисовали по сырой штукатурке. Годились только эти краски, потому что они не взаимодействовали с известью.

У художника было всего семь часов, чтобы нанести рисунок и ни разу не ошибиться — поправить его уже было нельзя. Но зато потом, когда штукатурка высыхала, намертво схватывая краску, художники были вознаграждены великолепным зрелищем. И это зрелище должно было сохраниться на века. Дело в том, что при высыхании штукатурки поверхность красочного рисунка покрывалась тонкой прозрачной плёнкой нерастворимого в воде карбоната кальция (все того же известняка), который защищал рисунок от воды и воздуха. Правда, со временем краска на фреске немного растворяется в штукатурке, и рисунок становится как будто бы прозрачным, отчего ещё более красивым. Вот и получается, что над фресками работают не только художники, но

и сама природа со своими химическими агентами.

Когда вы подрастёте и начнёте путешествовать, то сможете увидеть удивительные по красоте и прозрачности фрески Дионисия в Ферапонтовом монастыре в Вологодской области, созданные более 500 лет назад, или фрески Андрея Рублёва в Успенском соборе во Владимире — этим фрескам и вовсе 600 лет. Ну а уж если вам доведётся попасть в Италию, то не упустите случая, чтобы познакомиться с творениями великих мастеров фрески эпохи Возрождения — Джотто, Мазаччо, Рафаэля и Микеланджело.

Сырая штукатурка —прекрасная основа для рисунка минеральными красками, который сохранится на века. Вот почему соборы и храмы с древних времен украшали фресками. Прошли сотни лет, а мы по-прежнему любуемся фресками Микеланджело («Сотворение человека», Сикстинская капелла Ватикана). Кстати, на изготовление красок шли удивительно красивые минералы, например — реальгар. Из него, как вы догадываетесь, делали красную краску



Этими же красками, полученными из природных минералов, писали иконы. Они тоже пережили века. Как эта знаменитая «Троица» Андрея Рублёва, которая теперь хранится в Третьяковской галерее

Сияющий камень в метро

За разговорами мы не заметили, как дошли до станции метро Кропоткинская. Давайте спустимся под землю, я хочу вам кое-что показать. Здесь, на станции, стены облицованы красивым

блестящим камнем с розовато-бурыми прожилками и переливами. Что это? Это — мрамор, один из прекраснейших природных минералов, в переводе с греческого означающий «сияющий камень».

По своему составу мрамор ничем не отличается от известняка и мела, те же атомы кальция, углерода и кислорода и в том же количестве Вот только сложены они внутри твёрдого камня немножко по-другому, поэтому и свойства камней различаются. Эта зависимость свойств твёрдого вещества от того, как уложены в нём атомы и молекулы, встречается очень часто. Она составляет одну из главных тайн природы. Химики разгадали её и научились использовать на благо всех людей.

Но вернёмся к мрамору. Он бывает снежно-белым, а бывает с красивыми цветными разводами, которые образуют содержащиеся в нем другиеминералы и примеси. С ним и делать-то ничего особенно не надо. Вырыл карьер, добыл большие глыбы мрамора, разрезал аккуратно на тонкие плиты, отполировал — и вот вам роскошный облицовочный материал. Не случайно мраморные лестницы, гладкие и блестящие, мраморные колонны, скульптуры, вазы всегда были и остаются приметами богатых усадеб, дворцов и замков.

Мрамор — довольно мягкий природный камень. Этим испокон веков пользуются камнерезы, создавая барельефы и резные панно для украшения домов. В частности, такими резными мраморными плитами украшен дворец Дожей в Венеции

Самый лучший мрамор вот уже более двух тысяч лет добывают в окрестностях итальянского города Каррара в Альпах. Именно из каррарского мрамора сделаны многие известные скульптуры, в частности «Давид» Микеланджело. Эта скульптура высотой 5,17 метра была высечена скульптором из одного куска мрамора. Впрочем, сам Микеланджело скромно говорил, что он лишь удалил лишние куски, которые мешали Давиду явиться во всей красе.

И высочайший гений не прибавит
Единой мысли к тем, что мрамор сам
Таит в избытке, — и лишь это нам
Рука, послушная рассудку, явит.

Так писал Микеланджело в одном из своих сонетов. Ведь он был не только великим скульптором, но и не менее великим живописцем, архитектором и поэтом.

У мрамора, которым отделана станция Кропоткинская, своя необычная судьба. Этим камнем были облицованы стены храма Христа Спасителя, стоявшего на том месте, где теперь возвышается новый храм с тем же названием. Тот первый храм строили в честь воинского подвига в победе над французами в войне 1812 года на деньги из царской казны и пожертвования людей. На убранство денег не жалели. Но в 1931 году рам взорвали.

Впрочем, эта грустная история не для нашей книжки. Скажем лишь, что уникальный мрамор все-таки сберегли. А когда построили первые станции метро, в числе которых была станция Кропоткинская, её-то и украсили тем самым мрамором. И получилось так хорошо и красиво, что с тех пор многие станции метро украшены этим изумительным камнем. Теперь уже искусственным.

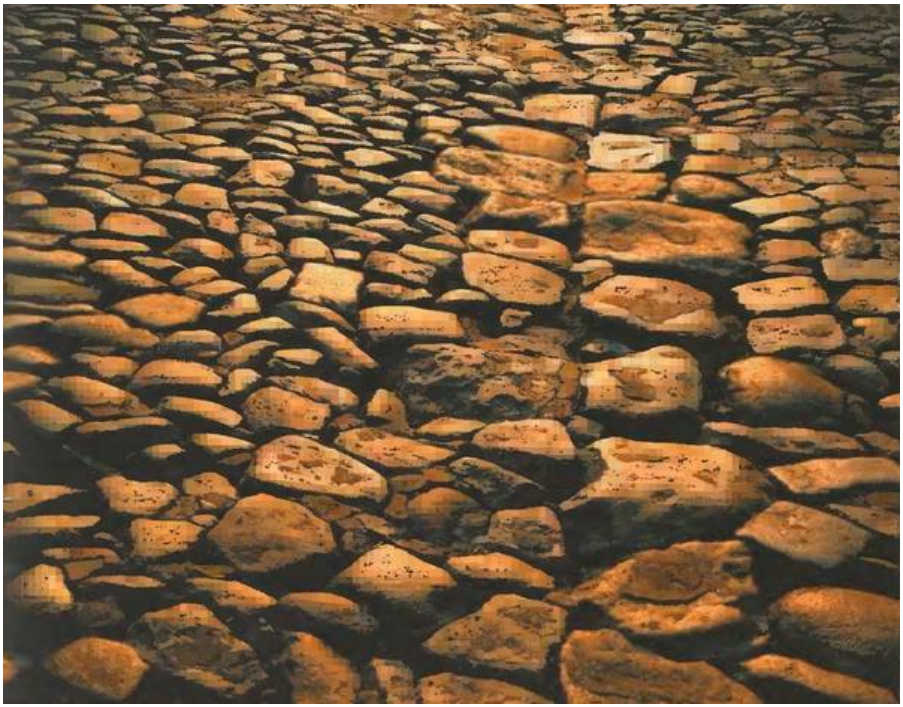
Мрамор хорош тем, что он относительно мягкий камень, поэтому прекрасно полируется. Но есть в нашей стране одно уникальное и очень необычное здание, целиком построенное из нешлифованного байкальского мрамора — здание железнодорожного вокзала в городе Слюдянке на берегу Байкала. Если вам доведётся когда-нибудь побывать там, обязательно посмотрите на это необычное сооружение.

Эту знаменитую скульптуру «Давид» высотой более пяти метров Микеланджело высек из цельного куска мрамора

Что мы топчем?

Что-то наша экскурсия затянулась, пора и домой. Но пока мы идем к дому, давайте посмотрим наконец под ноги. Что мы там топчем? Асфальт. Этот материал тоже сложен из природных компонентов, извлекаемых из земли, — щебёнки, песка и битумов, или асфальта. Вообще-то асфальт на греческом языке означает «горная смола», и он действительно присутствует в недрах нашей планеты. Природный асфальт образуется из тяжёлых фракций нефти, о которой у нас будет отдельный разговор. Ведь в нефти уйма всяких веществ. И если по каким-то природным причинам лёгкие вещества испарились или утекли куда-то, то остаются тяжёлые вещества, которые собираются в чёрную твёрдую массу.

Природный асфальт хорош тем, что залегает в земле пластами, его удобно добывать. Таких месторождений много на острове Тринидад в Карибском море, в Канаде, Франции, Венесуэле. Асфальт добывают и направляют, в частности, на изготовление дорожных покрытий, потому что он идеально подходит для этой цели. Асфальт легко плавится, быстро застывает, прочно скрепляя в монолит камни и песок. Но при этом сохраняет пластичность дорожного покрытия, его шероховатость. Ехать по новой асфальтовой дороге на машине одно удовольствие — мягко, ровно, бесшумно.



До тех пор, пока люди не научились добывать и делать асфальт, они мостили дороги камнями

Чтобы приготовить белую краску для разметки дорог, нужно разжиться оксидами цинка или титана. Оксид титана встречается в природе. Это минерал рутил. Но иногда нити рутила прорастают в кристаллы кварца, что хорошо видно на фотографии

Трудно представить, сколько белой краски, содержащей титановые белила, идет на разметку дорог во всем мире. Известно, что каждый год человечество производит пять миллионов тонн диоксида титана. Из них почти три миллиона тонн идет на краску

Кстати, в прежние времена улицы городов мостили камнями, тоже позаимствованными у земли. На это благое дело шли гранитные булыжники — округлые камни, состоящие из гранита. А гранит, в свою очередь, — это смесь самых распространённых минералов — кварца и полевого шпата с небольшой добавкой других минералов. Геологи считают, что гранит есть только на Земле. Он ни разу не попался ни в одном метеорите, не нашли его и на Луне, и потому гранит называют визитной карточкой Земли.

Булыжная мостовая сохранилась на Красной площади в Москве. А во многих городах южных стран, например в Испании, люди до сих пор ходят по мостовым, выложенным плоскими серыми камешками небольшого размера, поставленными на ребро и утопленными в песок. Какой материал был под руками, тем и мостили.

Первые асфальтовые тротуары появились почти 200 лет назад в Париже, на Королевском мосту, а в России, в Санкт-Петербурге, — в 1839 году. Начиная с середины девятнадцатого века в США, Франции и Швейцарии дорожные покрытия делают из асфальта,

или битумно-минеральных смесей, как называют его специалисты.

Сегодня весь земной шар опутан дорогами. Только в США протяжённость автодорог составляет более четырёх миллионов километров — это в десять раз больше, чем расстояние от Земли до Луны! А ещё есть Китай (*2* млн. км), Россия (около 1 млн. км) и другие страны, где строительство дорог и их ремонт не останавливается ни на день. Какие же гигантские объёмы земного вещества мы перерабатываем только для того, чтобы покрыть эти дороги!

А вот здесь, на переходе, мы ступили на белую зебру. Почему эти полоски такие белые? Да потому что в краску добавлены титановые белила — природный минерал диоксид титана. Хотя, впрочем, это могут быть и рукотворные цинковые белила. Химики делают их, соединяя цинк, полученный из минералов, с кислородом.

Кругом машины — едут, стоят, сигналят. Вы заметили, что с каждым годом их становится всё больше? И ведь на изготовление каждой из них уходит куча металла, который мы тоже извлекаем из природных руд. Вот и получается, что весь наш город буквально слеплен из земли — из тех природных веществ, которые мы заимствуем у нашей планеты.

Блюдечко с золотой каемкой и клятва арканиста

После прогулки ужасно хочется чаю. Мы, москвичи, известные водохлёбы. Кстати, из чего вы пьёте чай? Нет, не говорите. Давайте я догадаюсь. Вы пьёте из лёгкой керамической кружки жёлтого цвета с пингвином (кошкой, мышкой, цветком), нарисованным на боку. Папа — из такой же кружки, только чёрного цвета с какой-то надписью на английском языке. А мама и бабушка — из тонких фарфоровых чашек.

У меня тоже есть любимая фарфоровая чашка *с* волнистым краем и изогнутой ручкой и такое же блюдечко с золотой каймой. Её вес я чувствую, только когда она наполнена чаем. Ещё я люблю слушать, как она звенит, когда я слегка ударяю по ней чайной ложечкой или просто ногтем. А ещё я беспрестанно поражаюсь, что за плечами этой невесомой малышки почти полторы тысячи лет истории.

Фарфор придумали и впервые сделали в Китае в седьмом веке. Технология его изготовления похожа на выпекание булочек. Сначала делают тесто — фарфоровую массу. Для этого

измельчают и смешивают три компонента, уже знакомых нам, — глину, полевой шпат и чистейший кварц, и все это месят, чтобы получилась однородная масса без комочков. А потом лепят из этого «теста» чашки, блюдца, вазы, тарелки и статуэтки и отправляют в печь, где, в отличие от булочек, фарфор спекается долго.

Но почему же его изобрели в Китае? Всё дело в том, что только в Китае есть месторождения так называемого фарфорового камня — готовая чистая природная смесь полевого шпата и кварца. Расплавляясь, эти минералы придают фарфору прозрачность и звонкость, а глина — пластичность. Кстати, абы какая глина для фарфора не подойдёт. Та, что липнет к лопате, когда вы копаете грядки на даче, даже близко не лежит. Здесь нужна особая глина, белая или голубоватая. Её называют «каолин», потому что впервые добыли в том же Китае в местности Гаолин, что означает «Высокие холмы».

Вас интересует, откуда взялось слово «фарфор»? Оно происходит от арабского слова «фахфури» — «императорский». Этим словом на Востоке называли лучшие образцы посуды Однако в Европе за ним закрепилось другое имя. Фарфоровые черепки формой и цветом напоминают ракушки, по-итальянски их называют «порчелло». От этого слова и произошло европейское название фарфора «порчеллан», или «порцеллан».

Я вижу, что к фарфору вы равнодушны. «Не всё ли равно, из чего пить чай?» — слышу ваш вопрос. Это кому как. Ведь у вас наверняка есть любимая кружка? Та самая, с пингвином? И вряд ли вы согласитесь пить чай из пластмассовой кружки, разве что на пикнике или в походе. Но я понимаю тех, кто из самых разных чашек выберет именно фарфоровую. Лёгкая и красивая, она как будто сама просится в руку, и так удобно её держать. А всё потому, что её форма и материал отрабатывались веками.

Фарфор не только вечный материал, но и находка для художников. На его белую поверхность можно наносить любые рисунки в соответствии с модой эпохи — как на эту японскую современную чашку с блюдцем.

До Европы фарфоровые изделия добрались из Китая спустя много веков и вызвали настоящий бум. Каждая знатная семья старалась заполучить себе хоть какую-нибудь фарфоровую штучку. А монархи готовы были платить бешеные деньги за китайские вазы и сервизы. В Средние века китайские мастера наладили производство знаменитых китайских фонариков. Сделанные из тончайшего фарфора, расписанные сказочными животными и цветами, они светились, если в них ставили свечу — такими тонкими были стенки. А ещё купцы привозили с Востока ажурные фарфоровые коробочки, куда сажали бабочек.

Однажды мне довелось пить чай из удивительной старинной китайской чашки. Когда я смотрела на неё на просвет, то были отчётливо видны дырочки по всей поверхности, как в решете. Но чай из неё не выливался. Мне объяснили, что такую посуду делали, используя рисовые зёрнышки. Прежде чем сырую фарфоровую чашку отправляли в печь, на её внутреннюю поверхность вдавливали зёрнышки риса. Это нужно было делать аккуратно, чтобы зёрнышко не порвало массу насквозь и чтобы тоненький слой фарфора всё-таки оставался. В печи зёрнышки сгорали, и на их месте оставались углубления, затянутые снаружи очень тонким и прозрачным слоем фарфора.

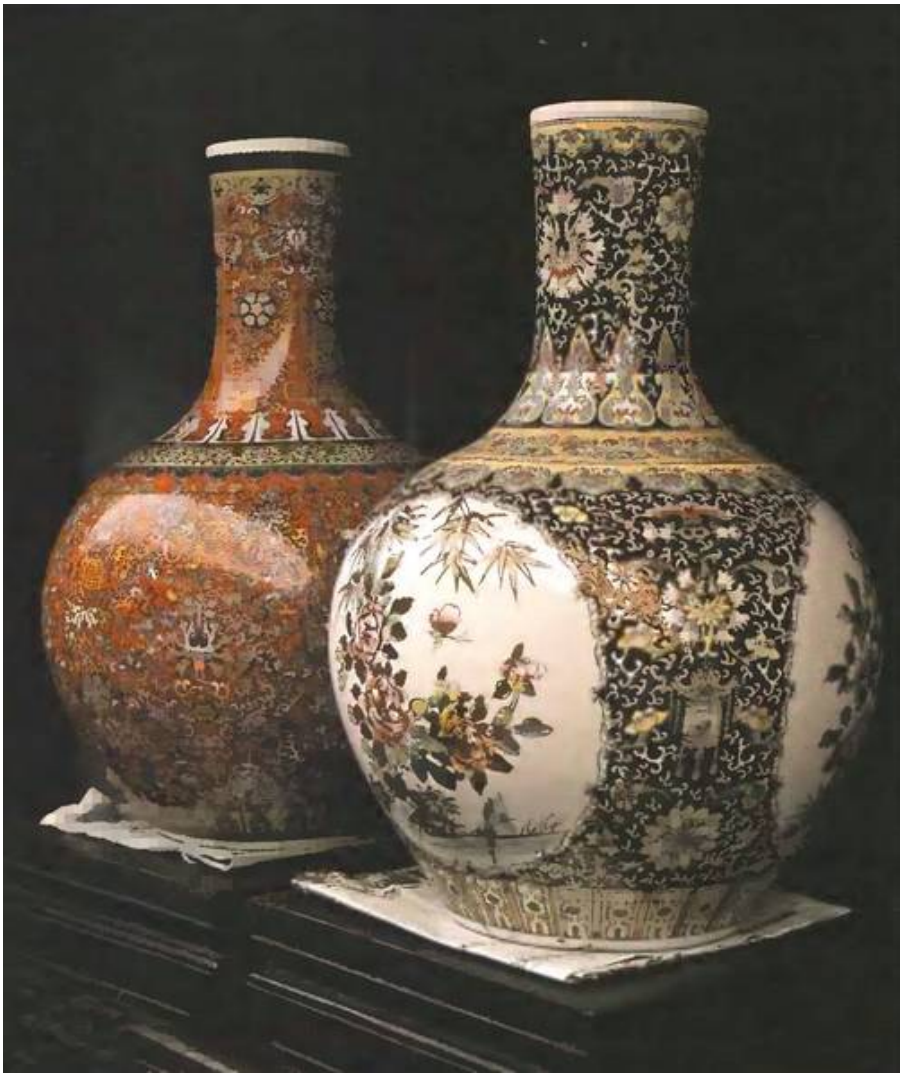
Все терялись в догадках, как же делают фарфор. Но китайцы хранили тайну пуще жизни. И лишь спустя почти тысячу лет со дня рождения фарфора его во второй раз открыли в Европе, в Германии.

Король Саксонии Август Второй Сильный заточил алхимика Иоганна Фридриха Бёттгера в замок и заставил его искать «философский камень» — мифическое вещество, способное превращать любой металл в золото. С золотом ничего не получилось, но по ходу дела Бёттгер раскрыл секрет производства фарфора. В 1710 году в городе Мейсене неподалеку от Дрездена открылся первый в Европе фарфоровый завод. Король щедро вознаградил Бёттгера, дал ему дворянский титул и назначил директором завода. Но алхимик попытался продать секрет производства королю Пруссии. Дело раскрылось, и пришлось алхимику отправиться в хорошо знакомый ему замок, за железную решетку, где он провёл остаток жизни.

Рабочих же мейсенского завода заставили давать специальную клятву, что они не разгласят секрета производства. А если у кого находили комок фарфорового теста, то били и сажали в подземелье. Технологов, которые знали, как делают фарфор, называли арканистами, что на латыни означает «владеющий тайной». Но тайну сохранить не удалось — уже через семь лет, в 1717 году, новый фарфоровый завод начал работать в Вене. Китайские мастера гораздо лучше умели хранить секреты.

Повелеваю открыть тайну фарфора!

Не совсем так, но приблизительно в таком духе распорядилась императрица российская Елизавета Петровна. И знаете, её приказ был исполнен — секрет фарфора открыли (уже в третий раз) в России в 1747 году. В то время он был невероятно моден, потоки фарфоровой посуды текли в Россию с Востока и из Европы, на неё был немыслимый спрос. Но никто не собирался открывать нам секрет изготовления этого материала. И хотя в России к тому времени уже научились делать фаянсовые изразцы и посуду из глины и покрывать их прозрачной или глухой глазурью с затейливой росписью, фарфор оставался недоступной вершиной. Пришлось изобретать его заново. И сделал это замечательный русский химик Дмитрий Иванович Виноградов, друг Михаила Васильевича Ломоносова.



Если кто и умеет хранить тайны, так это китайские мастера. Целую тысячу лет они едва ли не единственные в мире производили фарфор. Его образцы вы видите на фотографии. Фарфор в Европе заново открыли лишь триста пет назад

Он только что вернулся из Европы, куда его с Ломоносовым отправила на обучение Академия наук. Посмотрите, чему они там учились. В Марбурге русские студенты изучали геометрию и тригонометрию, механику, гидравлику, гидростатику, металлургию, логику, немецкий и французский языки, а также учились рисовать, фехтовать и танцевать. Но главной целью их занятий были «упражнения в горном искусстве и систематической химии». В июле 1739 года Виноградов едет во Фрайбург — центр горнорудной промышленности Саксонии, чтобы

усовершенствоваться в горном деле. Он изучает горные науки, посещает шахты и рудники, переводит на русский язык учебник, где рассказывается, как распознавать руды. Дмитрию Виноградову 25 лет. Он полон сил, знаний, он мечтает заниматься добычей руд и выплавкой металлов. Однако его судьбой распорядились иначе. Барон Черкасов, управляющий Кабинетом императрицы Елизаветы Петровны, приказал Д.И. Виноградову раскрыть тайну фарфора и наладить его производство в России. Это была невероятно сложная задача, ведь никаких книг об этом написано не было — рецептура держалась в строжайшей тайне по всему миру. Молодому химику предстояло найти природные материалы для изготовления фарфоровой массы, точно установить их количественные соотношения, придумать, как их измельчать, какие краски для росписи использовать и как их готовить, придумать конструкцию печи для обжига и так далее. И он всё это сделал! Так родился русский фарфор из природных минералов, которые есть на территории нашей страны.

Черкасов приказал химику всё подробнейшим образом описать, включая чертежи печей, и принести в царский кабинет, где это будет храниться вечно и недоступно для посторонних глаз. Д.И. Виноградов создавал свой труд несколько лет. А потом вскоре умер совсем молодым, в 38 лет. Историки считают, что тяжёлая работа, ответственность и секретность истощили его. Ведь за учёным был установлен круглосуточный надзор. Барон Черкасов приказал замечательного русского химика «во время обжига держать под караулом у печи, во всё то время, сколько тот обжиг продолжаться будет, чтобы он и спал там».

Сейчас никто и не вспоминает о трагических судьбах замечательных химиков Бёттгера и Виноградова, которые дали Европе и России вожделенный фарфор. А как расцвело прикладное искусство, когда художники получили в свои руки такой благодатный материал! Сегодня ни один художественный музей мира не обходится без богатой коллекции изделий из фарфора разных эпох. И кто из них более искусен — химики или художники, — сказать трудно. Впрочем, химия и искусство всегда идут рука об руку.

Малахитовая шкатулка и Хозяйка Медной горы

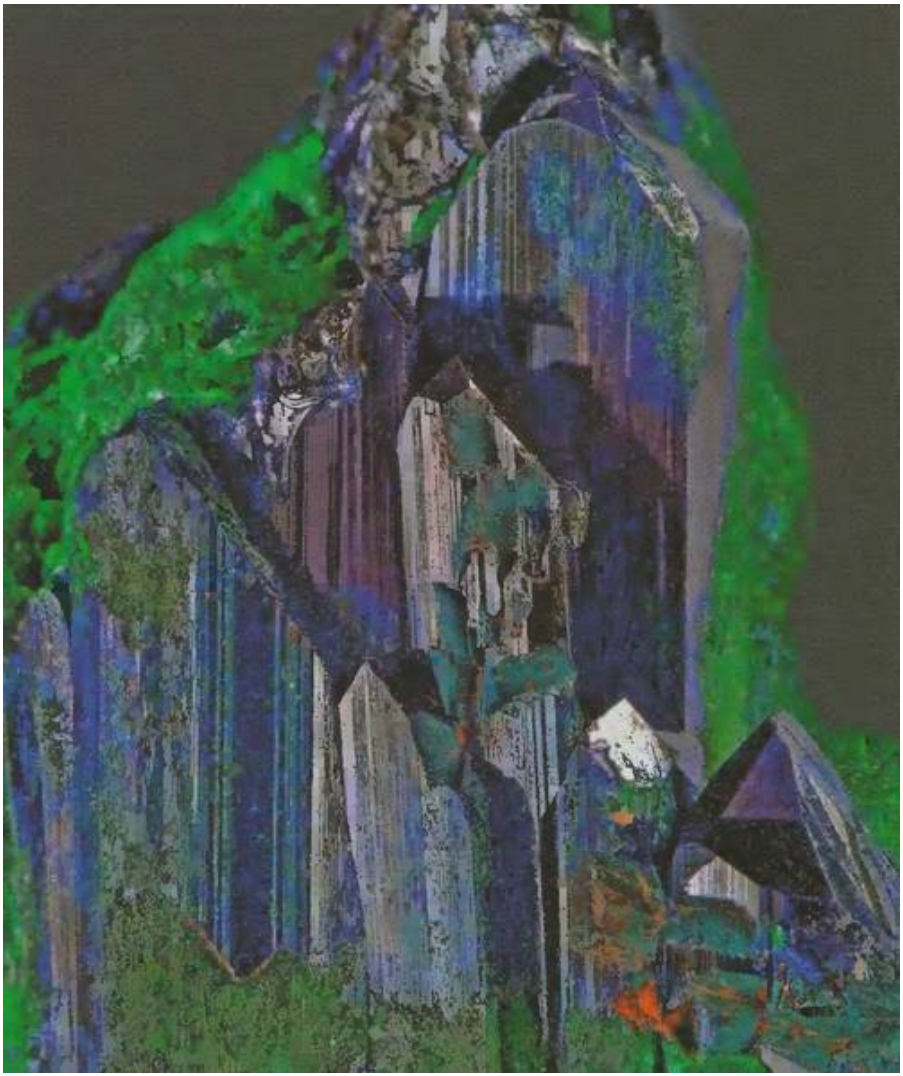
А что, это отличная идея провести ревизию материалов у себя дома. Давайте, поищите то, что, на ваш взгляд, имеет отношение

к природным материалам. Так, что это за зелёная коробочка у вас в руках? Да это же настоящая малахитовая шкатулка! Отличная находка. И, судя по рисунку, это русский малахит, самый красивый малахит в мире, месторождения которого открыли на Урале больше двухсот лет назад.

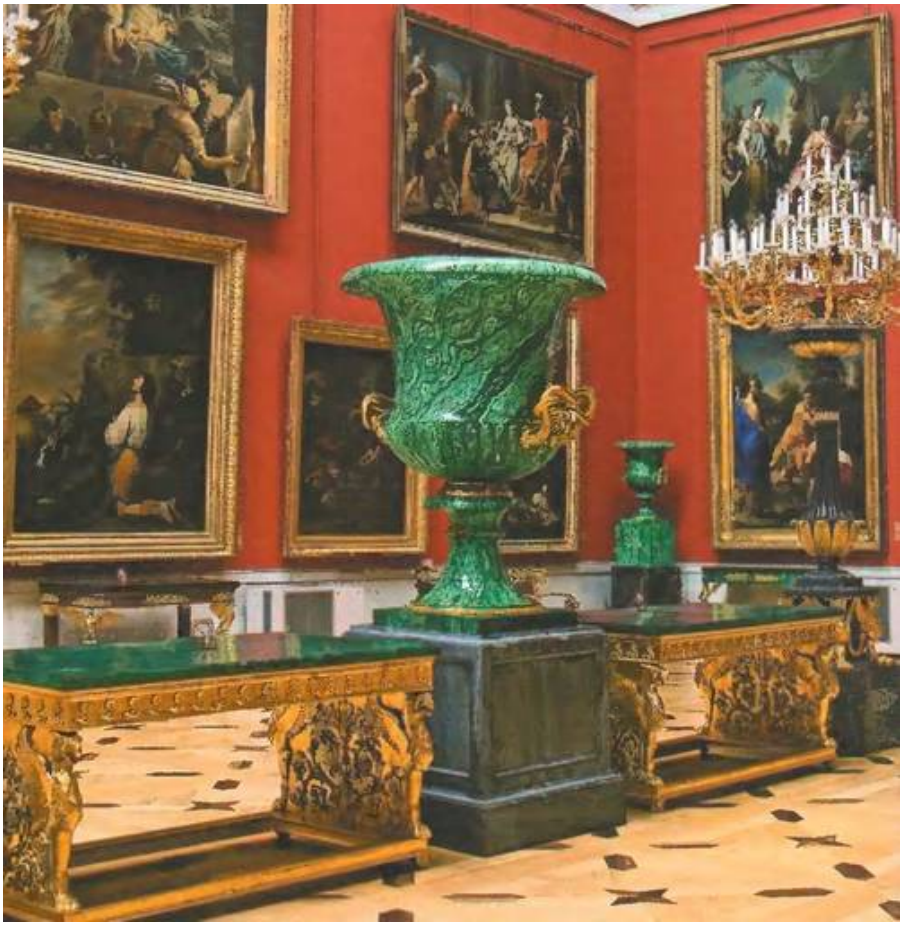
Уральские легенды рассказывают о Хозяйке Медной горы — невероятной красавице с зелёными, цвета малахита, глазами. Она жила под землёй в комнатах, украшенных самоцветами и драгоценными камнями, и охраняла подземные богатства. Говорят, что если к ней, под гору, через шахты и штольни забирались плохие, злые люди, то она была беспощадна — обрушивала своды шахты или начинала водить непрошенных гостей по подземным лабиринтам до изнеможения, пока они окончательно не сбивались с пути и уже не могли выбраться из-под земли. Но когда ей встречался добрый, открытый, честный человек, как Данила-мастер из «Уральских сказов» Бажова, то она щедро вознаграждала его, открывая ему несметные богатства.

Наверное, такой Данила-мастер встретился Хозяйке Медной горы 250 лет назад. Именно тогда на Урале, на Гумешевском руднике, который расположен в 60 километрах от Екатеринбурга, рудокопам неожиданно открылись пласты малахита невероятной красоты. К тому времени на руднике уже много лет добывали руду для выплавки меди — породы, залегавшие здесь, содержали минералы, богатые медью. Правда, эти соединения меди были рассеяны по скальной породе в виде вкраплений. Поэтому чтобы получить килограмм чистого металла, приходилось перерабатывать сто килограммов породы. Тем не менее из руды этого месторождения каждый год выплавляли по 450-480 тонн чистейшей меди, которая шла на изготовление посуды, кровли для крыш, пушек, колоколов и много чего другого. Никто и не мечтал найти здесь малахит. И вот — царский подарок Хозяйки Медной горы.

Вообще, малахит известен с античных времен, и называют его от греческого «малахэ» — мальва. Это такое растение, чьи ярко-зелёные листья напоминают цветом малахит. Кто хоть раз видел русский малахит, тот никогда не забудет этот изумительный по красоте камень, который ни с чем не спутаешь. Тёмно-зелёные и светло-зелёные волны бегут по поверхности камня, складываясь в изысканные узоры. Малахит — мягкий камень, легко полируется и после шлифовки превращается в струящийся атлас. «Камень, а на глаз как шёлк, хоть рукой погладить», — писал о малахите сказочник Павел Петрович Бажов.



Два удивительно красивых минерала — азурит и малахит (внизу) — практически одинаковы по химическому составу. Но структура кристаллов у них разная, и потому они такие непохожие. Однако со временем азурит превращается в малахит, что прекрасно видно на фотографии



Лучшая коллекция изделий из русского малахита находится в Эрмитаже в Санкт-Петербурге

Из чего сделан малахит, спрашиваете вы? Как и залегающие поблизости руды, он содержит медь, благодаря которой окрашен в разные тона зеленого цвета. В природе он встречается в основном в виде сросшихся мелких кристаллов и включений в породы, в землю. Ювелирной ценности такой минерал не имеет. Из него только краски делать. Перетрёшь крупинки малахита в ступке и получишь «малахитовую зелень». Именно эту минеральную зелёную краску использовали Дионисий и Андрей Рублёв, когда писали свои знаменитые фрески. Впрочем, такой малахит был известен ещё в Древнем Египте. Здесь из него тоже делали краску, но чтобы подводить глаза. А вот монолитный малахит в виде пластов и глыб — явление чрезвычайно редкое.

Кто был тот Данила-мастер, которому Хозяйка Медной горы открыла подземные малахитовые сокровища, история умалчивает. Известно только, что в 1770 году на этом руднике

добыли цельную малахитовую глыбу весом более двух с половиной тонн, а в 1775-м — «камешек» в полторы тонны. Спустя четырнадцать лет владельцы рудника подарили его императрице Екатерине Второй. Сегодня этот самый крупный образец минералогической коллекции хранится в Санкт-Петербургском горном институте.

После таких сенсационных находок Гумешевский рудник стал главным поставщиком малахита. А в начале девятнадцатого века под Нижним Тагилом нашли ещё одно крупное месторождение малахита, Меднорудянское. И начался настоящий малахитовый бум. Зелёным переливчатым камнем отделывали дворцы (дом Демидовых в Петербурге, малахитовый зал Эрмитажа и Версальский дворец), им украшали храмы (Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге и не только), из него делали кольца, серёжки, бусы, браслеты, подвески, пасхальные яйца для императорской семьи и шкатулки. «Малахит… становится эмблемой русских богатств, вызывая зависть и изумление Европы», — писал знаменитый минералог Александр Евгеньевич Ферсман, автор замечательной книги «Занимательная минералогия», которую я очень советую вам прочитать. В его честь названы минералы ферсмит и ферсманит, а также Минералогический музей в Москве.

Слава русского малахита взлетела до небес. Но недолго малахитовое солнце висело в зените. Всё когда-то заканчивается. К концу девятнадцатого века закончился и малахит. Его месторождения были опустошены. Хотя, надо признать, малахит старались использовать экономно. Большие малахитовые вазы в Эрмитаже и колонны в Исаакиевском соборе сделаны ведь не из цельных кусков камня. Основу делали из металлического каркаса, мрамора или цемента, а поверхность оклеивали тонкими, меньше четырёх миллиметров в толщину, пластинками малахита. Здесь главное было подобрать и сохранить узор. Вот и эта шкатулка, которую вы мне показываете, сделана из мрамора, а уж потом оклеена тонкими малахитовыми пластинками.

«Но ведь изделия из малахита продают в магазинах и сегодня», — возразите вы. Верно, но это совсем другой малахит — как правило, из Африки, из Заира (Демократическая республика Конго), хотя его сегодня добывают ещё в Австралии и США. У него совсем другой рисунок, более грубый, что ли.

Наверняка и в России можно ещё найти залежи малахита. Но так ведь это искать надо. Может быть, вы отправитесь на поиски, когда станете дипломированным минералогом, или геохимиком, или геологом? И может быть, к вам Хозяйка Медной горы будет благосклонна? И тогда благодаря вам мир снова заговорит о

неповторимом русском малахите.

Бабушкины серёжки и углерод 3D

Ну что, откроем шкатулку? Впрочем, и так ясно, что в ней маленькое женское богатство: колечки, серебряные и золотые, несколько подвесок из камней драгоценных металлов, золотые швейцарские часы с откидной крышкой, которые в прежние

времена носили на длинной цепочке, пара бриллиантовых серёжек и колечко с бриллиантом. Наверно, это колечко подарил ваш дедушка вашей бабушке на свадьбу. Угадала?

Традиция дарить кольцо с бриллиантом или другим драгоценным камнем в честь помолвки и на свадьбу жива в Европе до сих пор. Хотя появилась она в Средние века, несколько сот лет назад, когда в Европе периодически вспыхивали эпидемии чумы. Эта страшная болезнь убивала тысячи и миллионы людей, спасения от неё не было. Но бедные люди, которых было большинство, подметили, что чума почему-то обходит стороной богатые семьи, укрывавшиеся за каменными стенами и заборами своих замков и усадеб. Богачи носили кольца с драгоценными камнями, чаще с бриллиантами. Вот люди и решили, что этот камень защищает от чумы.

Конечно, причина была совсем в другом. Чуму разносили крысы. И бедные люди, жившие в хижинах с земляными полами, рядом с крысами, становились лёгкими жертвами инфекции. В господские же замки крысы доступа не имели. Может быть, всё было и не так, но версия красивая и правдоподобная. Молодой человек, дарящий своей возлюбленной кольцо с бриллиантом, хочет уберечь и защитить её от напастей и болезней. Хотя понятно, что никакой камень не может справиться с такой задачей. В том числе и бриллиант.

Бриллиант — это огранённый алмаз. «Это свет солнца, сгустившийся в земле и охлаждённый временем, он играет всеми цветами радуги, но сам остаётся прозрачным, словно капля» — так писал об этом природном минерале русский писатель Александр Иванович Куприн. Но похоже, он не видел алмазов, которые извлекают из земли. А они совсем даже невзрачны на вид, матовые, шероховатые, покрытые какой-то корочкой из другого вещества. Только зоркий глаз знатока распознает в таком камне будущий бриллиант. Хотя, конечно, попадаются и прозрачные кристаллы, но это случается редко.

Сколько помнит себя человечество, столько оно помнит и алмазы. Кажется, они действительно были всегда. Но понять, как устроен этот минерал, удалось лишь двести лет назад. В 1649 году флорентийские академики поставили знаменитый опыт. Они взяли большое вогнутое зеркало, с его помощью сфокусировали солнечные лучи и этого горячего солнечного зайчика направили на камень. Алмаз взял и испарился без следа. Объяснить, почему так произошло, никто не смог. Затем, спустя десятилетия, великий французский химик Антуан Лоран Лавуазье занялся экспериментами с алмазами и выяснил, что при сильном нагревании на воздухе алмаз не испаряется, как вода из

блюдечка, а сгорает, без остатка, переходя в газ. Наконец в 1814 году Гемфри Дэви со своим ассистентом Майклом Фарадеем повторили опыт флорентийцев и доказали, что алмаз состоит из чистого углерода.

Углерод — это ещё одно химическое чудо природы, потому вся жизнь на Земле крутится вокруг именно этого элемента. Казалось бы, ну что особенного в простом веществе, которое состоит только из атомов углерода? А дело в том, что в природе существует несколько веществ, причём очень разных, состоящих из атомов углерода. Чёрная сажа в печке, налипшая на стенках и пачкающая руки, — это чистый углерод. Грифель в простом карандаше, которым мы рисуем и пишем, — тоже чистый углерод, который мы называем «графит». А тут ещё прозрачные кристаллы чистого углерода — алмазы! Почему же они такие разные?

Всё дело в структуре. В чёрной саже атомы углерода располагаются хаотично, потому она такая мягкая и вялая. В графите атомы углерода соединяются в ажурные плоские сетки. Эти сетки уложены в стопку, как листы бумаги. Связи между слоями слабые, поэтому, когда мы рисуем карандашом, верхние слои графита легко отделяются и оставляют на бумаге след.

А вот алмаз — это уже 3D, выражаясь современным языком. Здесь каждый атом углерода соединён с четырьмя другими атомами углерода, которые располагаются на одинаковом расстоянии друг от друга в вершинах крошечных пирамидок — вроде египетских, только очень маленьких. Каждая такая вершина становится центром новой пирамиды и так далее. В результате этого образуется идеальная ажурная 3D структура. Атомы в ней держатся друг за друга изо всех сил, просто так их не оторвать, поэтому алмаз — самое твёрдое вещество на Земле. Недаром древние греки назвали этот камень «адамас» — несокрушимый.

Откуда берутся бриллианты?

Алмаз — дитя земной мантии, в отличие от других минералов, самоцветов, руд и пород, которые рождаются в земной коре. В мантии, на глубине 100 километров, очень жарко и тесно — вещество невероятно сдавлено всей толщей земли, расположенной сверху. Это как раз те условия, которые нужны для рождения алмазов.

Иногда, с помощью таинственных взрывов, мантия прорывает твердь земной коры и выбрасывает из себя разные вещества, в том

числе и алмазы. И тогда, на радость алмазоискателям, образуются так называемые кимберлитовые трубки, в которых можно откапывать и собирать прозрачные кристаллы. Как правило, они небольшие, доли одного карата (один карат равен пятой части грамма, 0,2 г, что соответствует шарику диаметром около 6 мм). Но изредка встречаются и крупные, а то и вовсе королевские экземпляры.

Только не думайте, что добывать алмазы просто — пошёл в нужное место и накопал сколько надо. В среднем из одной тонны породы добывают около одного карата алмазов из коренных месторождений и три-пять карат — из россыпных месторождений, когда алмазоносная порода выносится водой в реки и оседает в её руслах. Не говоря уже о том, что эти месторождения надо найти.

Высмотреть алмаз в горной породе может только опытный глаз старателя. Обычно эта «капля света» покрыта невзрачной оболочкой. Пройдёшь и не заметишь

Долгое время алмазы добывали только в Индии — здесь открыли едва ли не первые алмазные месторождения на Земле. Именно алмазы Голконды — одного из древних государств на территории Индии — воспеты в сказках «Тысяча и одна ночь». Но, как мы уже знаем, месторождения рано или поздно исчерпываются. Случилось это и в Индии. Правда, к этому

времени, к середине восемнадцатого века, алмазные месторождения уже были открыты в Бразилии, и почти на сто лет центр добычи этих минералов сместился в Южную Америку.

Однако и в Бразилии алмазы стремительно шли на убыль. Но тут подоспели огромные месторождения, открытые в Южной Африке в 1867 году. В то время Южная Африка входила в состав Британской империи, поэтому африканские алмазы текли в Европу рекой. В 1881 году англичанин Сесил Родс начал скупать участки алмазоносной земли в районе разорившейся фермы Де Бирс близ посёлка Кимберли (от него произошло название «кимберлитовая трубка») и основал маленькую компанию «Де Бирс». Она упорно и последовательно скупала драгоценные земли и шахты и через двадцать лет превратилась в крупную международную компанию, которая владела всеми основными алмазными копями и контролировала 90% мировой добычи алмазов. И сегодня «Де Бирс» держит в своих руках мировой рынок этих кристаллов.

Так выглядит с вертолёта кимберлитовая трубка «Удачная» на севере Якутии. Её разрабатывают больше пятидесяти лет. За это время алмазодобытчики углубились в землю более чем на полкилометра

Но алмаз — это ещё не бриллиант. Чтобы превратиться в "каплю света", невзрачному, покрытому коростой алмазу

предстоит пройти долгий путь огранки, которая придаст ему идеальную форму с плоскими заполированными гранями. Большинство бриллиантов имеет 57 таких граней. Почему именно 57? Какое-то странное число. Но именно такое число граней необходимо, чтобы получить симметричный многогранник, наилучшим образом отражающий свет. Это и порождает неповторимый блеск бриллианта.

Но как можно огранить и отполировать алмаз, если он — самое твёрдое вещество на Земле? Для этого мастера-гранильщики используют инструменты и полировальные пасты, сделанные всё из тех же алмазов, только более мелких. Процесс этот трудный и долгий, огранка крупного алмаза может занимать годы. Но красота бриллианта стоит таких усилий

Классическая огранка бриллианта — пятьдесят семь граней. Благодаря именно такой огранке получается симметричный

многогранник, который лучше всего играет светом. Кстати, догадались, почему рядом с бриллиантом расположен простой карандаш? Если нет — ищите ответ в книге

Тысяча и одна ночь

Мода на бриллианты была всегда. Русская императрица Екатерина Вторая любила играть в карты на бриллианты и приговаривать: «Как весело играть в бриллианты, это похоже на «Тысячу и одну ночь...» Дамы при её дворе увешивали себя бриллиантовыми украшениями с головы до ног, чем изумляли, если не пугали иностранцев. Больше всего их удивляло, что дамы носят бриллианты не только вечером, но и утром, и днём, в обыденной жизни, хотя бриллиант — это вечерний камень. Именно при вечернем освещении он начинает играть светом так, как это может только бриллиант.

Однако крупные алмазы и бриллианты, невероятно дорогие и ценные, были не столько украшением, сколько символом власти, причиной исторических преступлений и предметом, с помощью которого улаживали международные конфликты. В 1829 году в Тегеране, столице Персии, убили русского дипломата и поэта Александра Сергеевича Грибоедова. Персидские властители, напуганные гневом русского царя Николая Первого, постарались загладить вину своеобразным способом — прислали в дар царю бриллиант «Шах», один из самых крупных бриллиантов весом почти 90 карат, или 18 граммов. Теперь он хранится в Алмазном фонде в Москве, и вы можете его увидеть.

У каждого крупного бриллианта есть собственное имя, и у каждого из них, будь то «Кохинор», «Орлов», «Куллинан» и другие, своя захватывающая, а порой драматическая история.

Я чувствую, что у вас на языке вертится вопрос: а есть ли месторождения алмазов в нашей стране? В России такие месторождения открыли совсем недавно, в 1954 году, хотя вам наверняка это представляется глубокой древностью, едва ли не каменным веком. Честь их открытия принадлежит ленинградскому геологу Ларисе Попугаевой. Летом того далёкого года она работала в глухой якутской тайге в составе экспедиции, которая искала алмазы, и нашла кимберлитовую трубку, названную «Зарницей». А затем, всего за сорок лет геологических исследований, в Якутии обнаружили более 800 кимберлитовых трубок! И сегодня Россия — в первой тройке лидеров по добыче алмазов в мире.

Вы расстроены, что Якутия очень далеко и там очень холодно зимой, как нигде на Земле. Что ж, крупные месторождения алмазов открыты и в европейской части России — в Пермском крае и в Архангельской области.

Только не думайте, что все добытые алмазы идут на изготовление бриллиантов. Список профессий алмаза, этого самого прочного из всех минералов, что рождает Земля, невероятно большой. Мельчайшие алмазы наносят на свёрла и резцы, с помощью которых обрабатывают детали из очень твёрдых сплавов. Алмазные буры незаменимы при бурении самых твёрдых горных пород — они и служат дольше, и скорость бурения повышают в два-три раза. Алмазные детали, которые почти не снашиваются, работают в часовых механизмах и во многих других приборах, установленных на самолетах и кораблях.

В общем, ни дня, ни часу не обойтись без алмазов — ни в горном деле, ни в приборостроении, ни в микроэлектронике, ни в оптике, ни в медицине. А всё потому, что хорош этот камень во всех отношениях, просто он самый-самый — самый древний, самый твёрдый, самый стойкий, самый блестящий и потому самый дорогой.

Искусственный алмаз

Конечно, на все эти нужды идут очень мелкие и грязные, технические алмазы. Как вы думаете, а сколько их нужно человечеству? Очень много. Вот почему идея научиться самим выращивать алмазы не давала покоя учёным. Если природа умеет превращать в своих недрах обычный графит в алмаз, то неужели мы, люди, не сможем сделать того же?!

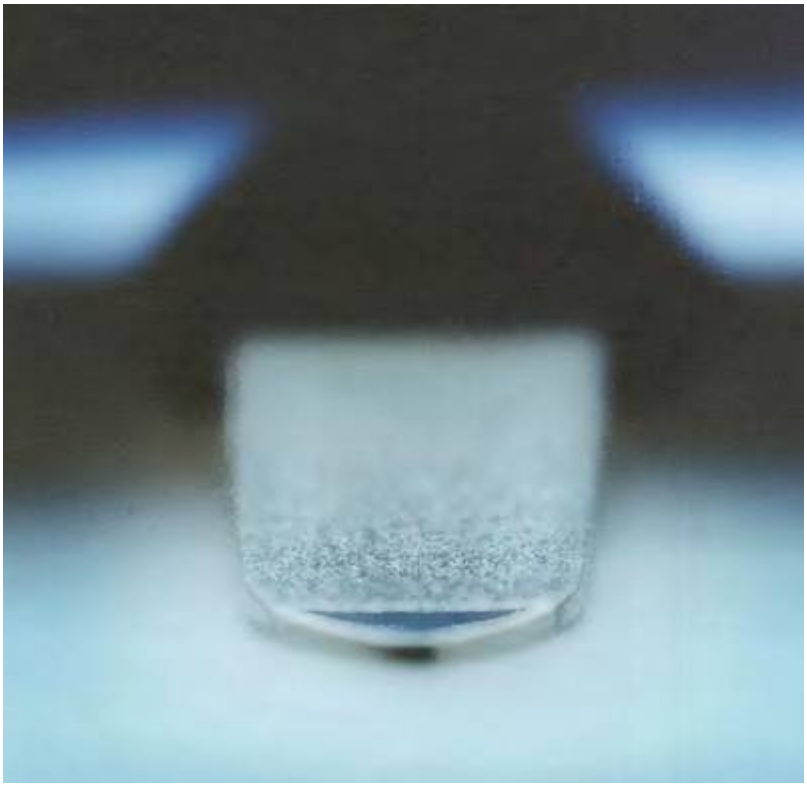
Но повторить природу невероятно трудно. Ведь для того чтобы атомы углерода в слоистой структуре графита перестроились в очень компактную 3D-решетку алмаза, нужно давить на каждый квадратный сантиметр поверхности графита силой около сотни тонн. А чтобы в таких чудовищных тисках «растрясти» решётку графита и заставить атомы углерода покинуть свои места, нужны температуры в тысячи градусов.

Надо отдать должное учёным — они справились с этой задачей. В 1954 году американская фирма «Дженерал электрик» сообщила, что её сотрудники получили алмазы искусственным путем при давлении 100 000 атмосфер и температуре 2600°С, то есть имитируя природные условия. Алмазы были мелкие, менее

одного миллиметра (то есть весом менее 0,01 карат), и чёрные, но вполне пригодные для технических нужд. Технология была строго засекречена. Однако было уже ясно, что джин вырвался из бутылки. Через семь лет в России, в Институте физики высоких давлений, в лаборатории академика Леонида Федоровича Верещагина синтезировали первые русские алмазы.

Сегодня искусственные алмазы получают самыми разными способами. Например, сильно сдавливают и одновременно разогревают графит в специальных реакторах. Или воздействуют на графит взрывом, в момент которого давление и температура невероятно высоки. Или заставляют пары углерода кристаллизоваться на плоской поверхности в виде микроскопических кристалликов алмаза. Их твёрдость — важнейшая для технических применений характеристика — не уступает, а порой и превосходит твёрдость природных алмазов. Есть даже технологии, позволяющие делать чистые, прозрачные кристаллы, но они, естественно, обходятся намного дороже.

И хотя сегодня мы умеем делать алмазы, споры о том, как же они образуются в природе, продолжаются. Чтобы понять это, геохимики и минералоги исследуют метеориты, периодически прилетающие к нам из космоса. Оказывается, в своих каменных телах они содержат крупинки алмазов. Значит, механизм их образования работает не только в недрах земли, но и в недрах Вселенной. Возможно, вам предстоит поставить точку в этом споре, если вы посвятите себя химии или минералогии. А я расскажу вам историю про одного из таких пришельцев с алмазами.



Искусственные алмазы есть в каждом доме, или почти в каждом — например, алмазная пилка для ногтей. Если вы рассмотрите её под лупой, то вам удастся разглядеть отдельные кристаллы, как это показано на фотографии. Прекрасный абразивный инструмент!

Метеорит, который съели

Почти 130 лет назад, в сентябре 1886 года, возле деревни Новый Урей Пензенской губернии упал метеорит. Ну и шуму он наделал! Вот как рассказывает об этом учитель П.И. Барышников, выпускник Лесного института (Санкт-Петербург), который оказался в этих краях. Он не только описал сами события, но и прислал осколки метеорита в Санкт-Петербург для изучения.

Вот такие небесные гости прилетают к нам из космоса. Имя им — метеориты

Небесные пришельцы оставляют следы не только в небе, но и на Земле. Один из таких кратеров расположен на острове Саарема в Эстонии. Метеорита нет, а яма осталась

«Рано поутру несколько новоурейских крестьян верстах в трёх от деревни пахали свое поле... Вдруг совершенно неожиданно сильный свет озарил всю окрестность; затем через несколько секунд раздался страшный треск, подобный пушечному выстрелу или взрыву, за ним второй, более сильный. Вместе с шумом в нескольких саженях от крестьян упал на землю огненный шар; вслед за этим шаром невдалеке над лесом опустился другой, значительно больше первого. Всё явление продолжалось не более минуты.

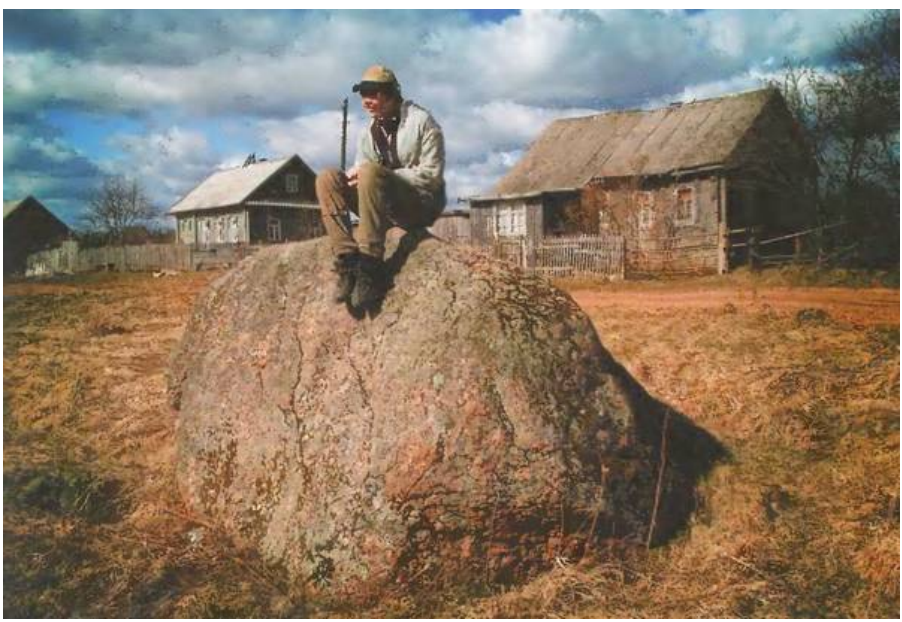
Обезумевшие от страха крестьяне не знали, что делать, они попадали на землю и долго не решались сдвинуться с места... Наконец, один из них, несколько ободрившись, отправился к тому месту... и, к удивлению своему, нашёл неглубокую яму; в середине её, углубившись до половины в землю, лежал очень горячий камень чёрного цвета. Тяжесть камня поразила крестьян...

Затем они отправились к лесу разыскать второй, больший камень но все усилия их были напрасны. Лес в этом месте представляет много болот и топей, и найти аэролита им не удалось: по всей вероятности он упал в воду. На следующий день один из крестьян того же Урейского выселка отправился на своё поле посмотреть копны гречихи. Здесь совершенно случайно он нашёл такой же точно камень, какой принесли накануне его соседи. Камень тоже образовал вокруг себя ямку; часть камня

была в земле...

Дальнейшие поиски крестьян в окрестностях Нового Урея не привели ни к чему. Следовательно, выпало всего три куска. Самый большой из них упал, без сомнения, в лесу в болото; второй по величине, упавший при крестьянах на пашне, приобретен мною и отослан вам для минералогического кабинета института, и, наконец, третий, найденный крестьянином в гречихе, съеден...

Крупинки аэролита считались положительно универсальным лекарством. Распространились нелепые слухи о «чудесном исцелении», требования на «Христов камень» усилились. Счастливый владелец метеорита пользовался случаем и продавал камешек чуть не на вес золота, выказывая при этом сноровку настоящего завзятого аптекаря. Приём «Христова камня» производился таким образом: пациент, купивши ничтожный кусочек метеорита, толок и растирал его в порошок и затем, смешав с водой, благоговейно выпивал, творя молитву и крестное знамение...»



Наверное, этот юный следопыт думает, что нашёл метеорит, и сторожит его. Увы, это всего лишь каменный валун, который притащил с собой надвигающийся ледник десятки тысяч лет назад. Их у нас в России много

Прощай, градусник!

Я смотрю, поиски природных материалов в квартире вас захватили. И вы просто молодец, что нашли градусник. Этот удивительный маленький прибор, который учёные называют термометром, сделан из стекла, о котором мы уже кое-что знаем, и самого необычного металла в природе, ртути. Именно серебристый ртутный столбик легко бежит за вашей температурой, потому что расширяется при нагревании. Ртуть тоже добывают из природных минералов.

Между прочим, учёные долго спорили, считать ли эту блестящую жидкость металлом. Но, поразмыслив, согласились, что она конечно же металл: блеск у неё самый что ни на есть металлический и она хорошо проводит тепло и электрический ток, как настоящий металл. А уж если охладить её до минус 39 градусов, то она станет твёрдой и её можно ковать. Поэтому, кстати, с помощью ртутного термометра вам не удастся зимой определить температуру воздуха в Якутии, ведь там бывает еще холоднее.

Ртуть легко испаряется, особенно при нагревании. Это свойство используют, чтобы добыть её из соответствующей руды. Ведь под землей нет чистых ртутных озёр. А есть, например, киноварь, соединение ртути с серой, красивейший минерал ярко-красного цвета с названием под стать: киноварь в переводе с арабского означает «кровь дракона». Итак, берут эту руду и — в печь. При температуре 700-750 градусов сера, можно сказать, выжигается из руды, а чистая ртуть испаряется. Горячие пары загоняют в специальные холодные аппараты, где пары превращаются (или конденсируются, как скажут химики) в жидкий серебристый металл.

От ртути очень много пользы и в технике, и в промышленности. Но нам и одного термометра достаточно. Если в каждой семье есть термометр, то сколько же этой ртути надо добыть!

Однако здесь есть проблема. Термометры частенько бьются. Какой же бывает в доме переполох, когда кто-то разбил градусник! Мама начинает обзванивать своих знакомых: что делать?! Папа залезает в Интернет в поисках советов, а бабушка требует вызвать МЧС. Переполох, конечно избыточный, но имеет основания. Ртуть — ядовитый металл. Опасность усугубляется ещё и тем, что ртуть испаряется и её незаметные пары могут причинять вред. Другое дело, что в градусниках её мало.

Правда, сейчас бытовые ртутные термометры почти не выпускают, а в европейских странах они и вовсе запрещены. Но в прежние времена со ртутью обращались более чем легкомысленно, потому что не знали о её губительных свойствах.

А если и догадывались, то не знали, как защититься.

Когда в Санкт-Петербурге возводили Исаакиевский собор, то потребовалось позолотить его большие купола. Покрывали их листами из меди. А вот как нанести золото тонким слоем на медь, да чтобы ещё держалось крепко, тогда не знали. Точнее, знали единственный, но чудовищный, с точки зрения современного химика, способ. И связан он был со ртутью.

Вот он, старый добрый градусник. Настоящий, со столбиком жидкой ртути. Сейчас такой уже и не найти. Опасную ртуть в этом полезном устройстве теперь заменяют на менее ядовитый металлический сплав галлия с индием — он тоже жидкий при комнатной температуре

Ртуть получают из очень красивого минерала по имени киноварь. Кстати, вот вам еще один древний источник красного пигмента

Дело в том, что ртуть легко растворяет в себе золото и многие другие металлы, образуя так называемые амальгамы. Если на золотое колечко попадёт капелька ртути, то она мгновенно «впитается» в драгоценный металл. И ничем её не отодрать — ни щетками, ни мылом, ни шкуркой. Есть единственный способ — нагреть кольцо, чтобы ртуть просто испарилась. Вот это свойство ртути и взяли на вооружение мастера прошлого. Слитки золота растворяли в чанах со ртутью, затем эту жидкую амальгаму разливали тонким слоем по медному листу, а потом на открытых кострах медные листы нагревали. Ртуть испарялась, а на меди оставался намертво приросший тонкий слой золота. Надо ли говорить, что люди, которые занимались этим опасным делом, дышали ядовитыми парами ртути, заболевали и быстро умирали от отравления организма.

Конечно, сейчас такие варварские технологии не используют. Но потребовалось много времени, пока не была обучена и

подготовлена армия химиков, которые занялись изучением веществ, накопили знания и создали технологии с минимальными рисками для человека.

Интересно, если ртуть растворяет разные металлы и образует амальгамы, то в чём же её хранят и перевозят? Отличный вопрос, вопрос будущего технолога. Дело в том, что некоторые металлы, в частности железо, кобальт и никель, не поддаются ртути. Поэтому её перевозят в ёмкостях из простой стали. А особо чистую ртуть — в стеклянных, керамических или пластмассовых банках.

На вашем месте, я бы припрятала подальше этот градусник. Кто знает, может, лет через двадцать-тридцать он будет настоящей ценностью, раритетом, место которому — в музее.

Кривое и прямое зеркало

Кажется, охота за веществами в своем доме у нас получается удачная, потому что вы держите в руках зеркало. Да, этот предмет тоже сделан с использованием природных материалов, почерпнутых из земли.

Понятно, что зеркала в привычном для нас виде появились тогда, когда люди научились изготавливать плоское стекло. Отражающий слой у первых таких зеркал делали из амальгамы олова, то есть металла олова, растворённого в ртути. Тонкий слой этой амальгамы, нанесённый на стекло, застывал и становился твердым.

Только очень гладкое зеркало с хорошим отражающим слоем может точно передать эту красоту. Такие зеркала, которые теперь есть в каждом доме, научились делать всего-то 150 лет назад

Самые первые зеркала, как и все новинки, стоили очень дорого. В царских дворцах, скажем, в летнем дворце Петра Первого в Летнем саду в Санкт-Петербурге, небольшие по размеру зеркала в дорогих рамах и с бантами вешали на стенах высоко, выше человеческого роста, так что увидеть своё отражение было невозможно. Но эти зеркала были просто очень дорогим украшением, символом достатка и роскоши. К тому же у них была ещё одна функция — они отражали свет свечей, и в помещении становилось намного светлее. А смотреться в них, пожалуй, даже и не стоило. Тогда ещё не умели идеально полировать стекла. А малейшие неровности и бугорки на поверхности искажали изображение, и чаще всего не в лучшую сторону. Зеркала получались по-настоящему кривыми.

Полировать стекла до почти идеальной ровности научились

довольно быстро, и даже изобрели специальную полировальную машину. А вот с опасной ртутью были проблемы — надо было чем-то её заменить. Но чем?

Этим чем-то стало серебро. Сто семьдесят пять лет назад немецкий химик Юстус фон Либих изобрел серебрильный раствор, то есть способ, позволяющий высаживать серебро из водного раствора его соединений тонким сплошным слоем на стекло. Важнейшим компонентом раствора помимо соединения серебра был... обыкновенный сахар. Ещё через двадцать лет французский химик Ш. Птижан сделал технологию получения зеркал более совершенной, и она практически без изменений дожила до наших дней. Когда вы будете изучать химию в старших классах, то вместе с учительницей сможете сами провести эту знаменитую реакцию «серебряного зеркала».

Даже и представить себе невозможно, как же люди жили без зеркал пока не было ни стекла, ни амальгам, ни серебрильных растворов. Но если оглядеться и подумать, всегда что-нибудь найдётся. Поначалу они изучали своё отражение в воде. А потом, когда появилось золото, стали до зеркального блеска полировать его пластинки и смотреть на своё отражение. Плохое, конечно, жёлтое и мутное, но хоть что-то. Потом люди изобрели бронзу — сплав меди и олова. Бронза тоже отлично полировалась, но изображение по-прежнему было жёлтым, не очень четким, а сама бронза, в отличие от золота, быстро темнела — окислялась на воздухе, как скажут химики. Так что ничего не оставалось, как изобрести стеклянные зеркала с серебром.

Более того, технологи научились делать зеркала, которые обманывают вас (а может, радуют?), потому что делают вас красивее в отражении. А хитрость проста. Стекло для зеркала должно иметь неуловимый розовый оттенок. Оно дает столь же четкое изображение, как и обычное зеркало, но скрадывает мелкие недостатки кожи. Лицо в этом зеркале кажется свежим и молодым.

Но зеркала созданы не только для того, чтобы в них любоваться или ужасаться. Со временем у зеркал нашлось много другой важной работы. Они отражают свет в фарах автомобилей, установлены в маяках, в тех самых машинах времени — телескопах, о которых мы с вами уже говорили, и во многих других приборах. Одним словом, очень полезная вещь.

Силиконовая долина

А это что за игрушка? Игровая приставка «Плейстейшн»? Спасибо, что показали, я теперь хоть знаю, как она выглядит, во времена моего детства таких игрушек не было. Как и любимой папиной «игрушки» — персонального компьютера. И маминой — мобильного телефона, с которым она не расстаётся ни на минуту. А из чего сделана начинка всех этих электронных устройств, процессоры и чипы, флешки и сим-карты? Я уже слышу, как вы кричите: «Из вещества!» Правильно. Всё сделано из вещества. Только вот из какого в данном случае?

Имя этому веществу — кремний. Именно этот элемент, который вместе с кислородом образует песок (тот, что на пляже), лежит в основе всей современной электроники и даже всей нашей цивилизации. Кремний — символ высоких технологий, и неслучайно место в Калифорнии, где сосредоточены главные американские фирмы в области хай-тека, называется Силиконовой, или Кремниевой, Долиной. Можно сказать, что мы живём в каменном веке.

Для того чтобы получить кремний, который удовлетворит электронщиков, химикам пришлось крепко потрудиться. Мало того что он должен быть суперчистым, то есть содержать строго определённые примеси в количестве не более одного атома примеси на миллион атомов кремния. Но кроме этого, всё электронное устройство должно быть собрано на одном цельном кристалле кремния.

Силиконовая долина — это всего лишь точка на географической карте штата Калифорния в США. Это городок, в котором живут и работают ученые, придумывая нам на радость всякие электронные штучки. Здесь ничего не добывают. Здесь производят знания и технологии

Микрочипы и сейчас очень маленькие, размером с муравья. Но они будут еще меньше по мере того, как химики создадут новые необычные материалы

Как вырастить такой кристалл? Сначала получают чистый кремний. В принципе получить кремний просто, достаточно смешать песок с углем — два природных, широко распространённых вещества — и нагреть до 1800°С. Углерод оторвет кислород от кремния и улетит с ним в виде углекислого газа. Но в таком кремнии будет множество примесей, поэтому химики придумали другую технологию. Кремний в результате получался чистым, но это был порошок, состоящий из мелких кристалликов.

Чтобы превратить их в один кристалл, порошок загружают в большую ёмкость, сделанную из кварца, расплавляют, затем в расплав опускают в качестве затравки небольшой кристаллик кремния и при небольшом охлаждении начинают медленно вытягивать его из расплава. Кремний из расплава постепенно осаждается на поверхности растущего кристалла и в конце процесса превращается в один, практически идеальный кристалл. Диаметр этого кристалла доходит до 40 сантиметров, а длина — до полутора метров

Но это только полдела. Ведь кристалл ещё нужно разрезать на пластины толщиной менее одного миллиметра. Это делают с помощью, например, стальной проволоки, покрытой алмазной крошкой, а потом пластины тщательно полируют.

Затем на этой пластине начинают собирать транзисторы — вы, несомненно, слышали это слово. Транзистор — это такое устройство, которое способно запомнить букву или цифру, складывать эти буквы в слова, а цифры в числа, делать с ними разные вычисления или превращать их в звук или картинку. Так сейчас и говорят: цифровые плееры, цифровые фотографии, цифровое телевидение.

Как вы думаете, сколько транзисторов размещается на одном квадратном сантиметре современных чипов? Более ста миллионов! А размер самого транзистора настолько маленький, что его невозможно разглядеть в самый лучший оптический микроскоп. Как же технологи ухитряются собирать такие маленькие устройства? Это очень интересно, но об этом вы прочитаете в других книгах, когда немного подрастёте.

Кстати, а как устроен кристалл кремния? Точно так же, как кристалл алмаза. Эх, жаль, что большие алмазы нельзя делать, вытягивая маленький кристаллик алмаза из расплава графита. Одна из причин заключается в том, что графит не плавится. Такая вот сложная наука химия! У каждого вещества — свой характер.

И тогда обычные компьютеры мы все дружно понесём на свалку. Впрочем, она уже давно заполняется

Миллион за синий свет

Что-то засиделись мы с вами за разговорами. За окном уже стемнело, поздно, пора спать. Надо выключать свет. Стоп — лампочка! Как же мы забыли про неё? Из чего она сделана? Это зависит от того, какая лампочка светится в вашем торшере или ночнике. Скорее всего — лампа накаливания. Она сделана из круглой стеклянной колбы, а внутри у неё находится тонкая спираль из металла по имени вольфрам. Включая лампочку, мы пускаем по спирали ток. Он разогревает металл, металл раскаляется добела и испускает свет. Вот почему эти источники света называют лампочками накаливания. Правда, большая часть электричества уходит на разогрев спирали, поэтому лампочка такая горячая, если она долго была включена. (Только не надо проверять мои слова, можно обжечься!) И лишь малая часть энергии превращается в свет. Поэтому про такие лампочки специалисты говорят, что они неэкономичные: энергии едят много, а света дают мало.

Но с недавних пор всё переменилось, потому что учёные подарили людям светодиоды. По сути, это минералы, которые начинают светиться, как вольфрам, если через них пропускать ток. Только они совсем не разогреваются и почти всю электрическую энергию преобразуют в свет.

О том, что минерал можно превратить в источник света, впервые сообщил миру русский физик Олег Владимирович Лосев. В 1923 году он заметил, что если через кристалл карборунда, или карбида кремния, состоящего из атомов кремния и углерода, пропускать электрический ток, то в местах контактов появляется слабое зеленоватое свечение. Так оказалось, что минералы, обладающие свойствами полупроводника, могут светиться. Их и назвали светодиодами.

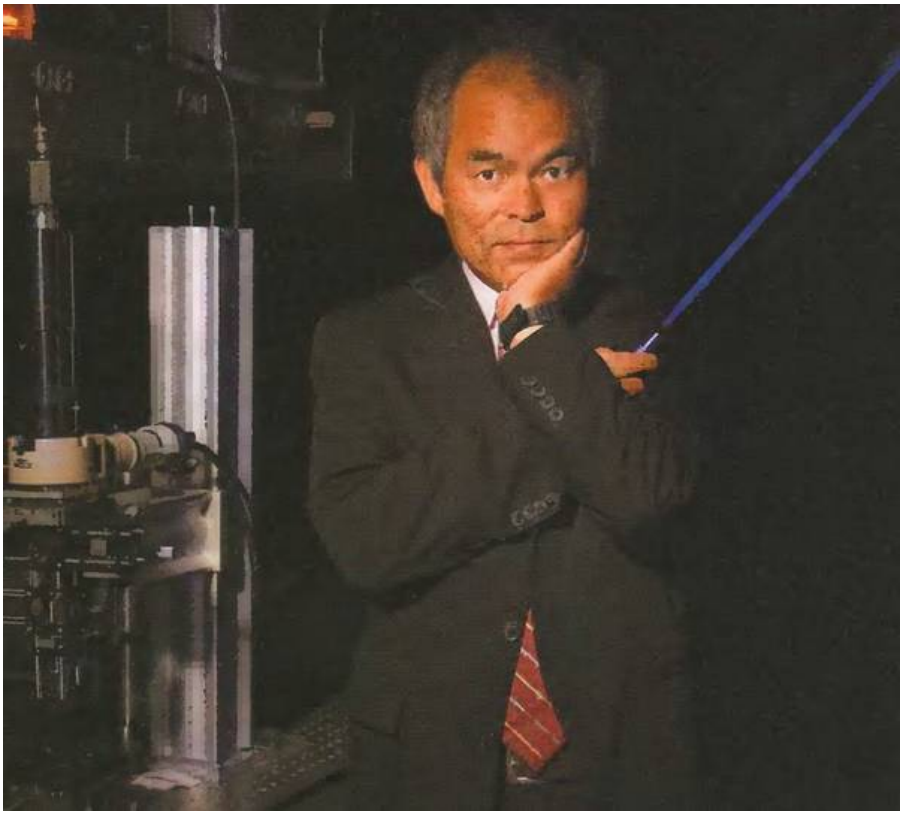
Спустя сорок лет светодиоды уже вовсю мигали красными и жёлтыми огоньками на разных пультах управления и в световых индикаторах. Одно плохо — не было светодиодов синего, зелёного и белого света. И ждать их создания, по меркам нашего времени бурного технического прогресса, пришлось довольно долго.

Лишь в 1990 году профессор Сюдзи Накамура придумал, как выращивать тончайшие и безупречные по качеству плёнки из вещества под названием нитрид галлия (состоит из атомов галлия и азота). Чем тоньше такая плёнка, чем меньше в ней дефектов, тем ярче и чище свет она дает.

А потом из таких плёнок, начинённых добавками индия, С. Накамура сумел приготовить слоёный пирог, который физики называют гетероструктурой. Кстати, одним из первых такие структуры получил российский физик Жорес Иванович Алфёров,

за что в 2000 году ему присудили Нобелевскую премию по физике. И оказалось, что в зависимости от чередования слоёв, такой «пирог» при прохождении тока дает яркий синий или зелёный свет. А когда С. Накамура нанёс на синий светодиод тонкий слой фосфора, диод засветился ярким белым светом. С тех пор вся светодиодная «радуга» была в сборе.

Синий светодиод сравним по размеру со спичечной головкой



Профессор Сюдзи Накамура в 2006 году получил премию «Милленциум» (миллион евро) за создание синих и белых светодиодов. В руках он держит указку, работающую на синем светодиоде

Светодиоды всех цветов уже несут свет человечеству в панелях автомобилей, самолётов и бытовых приборов, в светофорах и уличных фонарях, в больших рекламных уличных экранах и ёлочных гирляндах, во вспышках камер и мобильных телефонов. Вот и мой ноутбук подмигивает мне ярко-синими и зелёными светодиодами, напоминая о профессоре Накамуре и нашей с ним встрече.

Случилась она в 2006 году, когда С. Накамуре вручали премию «Миллениум» размером в миллион евро. Эту международную премию присуждают каждые два года. Предыдущим лауреатом был англичанин Тим Берненс-Ли, создатель Всемирной паутины — Интернета. Вообще, эта премия предназначена тем учёным, кто создал технологии, изменившие жизнь человечества к лучшему. На церемонии награждения, которая проходила в Хельсинки, мы познакомились, и у меня была возможность поговорить с профессором.

Прежде всего я поинтересовалась, знает ли он, что идея светодиодов родилась в России, в лаборатории Лосева. Оказалось, что профессор ничего не знает об этом. Он с интересом выслушал мой рассказ и поблагодарил за это «открытие». А потом, в конце разговора, я поинтересовалась, почему он выбрал профессию учёного. И выяснилось, что все дело в комиксах! «Когда мне было десять-двенадцать лет, я читал комиксы, которые назывались «Астробой», — рассказал С.Накамура. — Астробой — это такой робот, которого сконструировал учёный, доктор Отяномицу для борьбы с плохими мальчишками и тёмными силами. И вот тогда я очень захотел стать таким же учёным, как Отяномицу, чтобы делать таких же роботов для борьбы со злом».

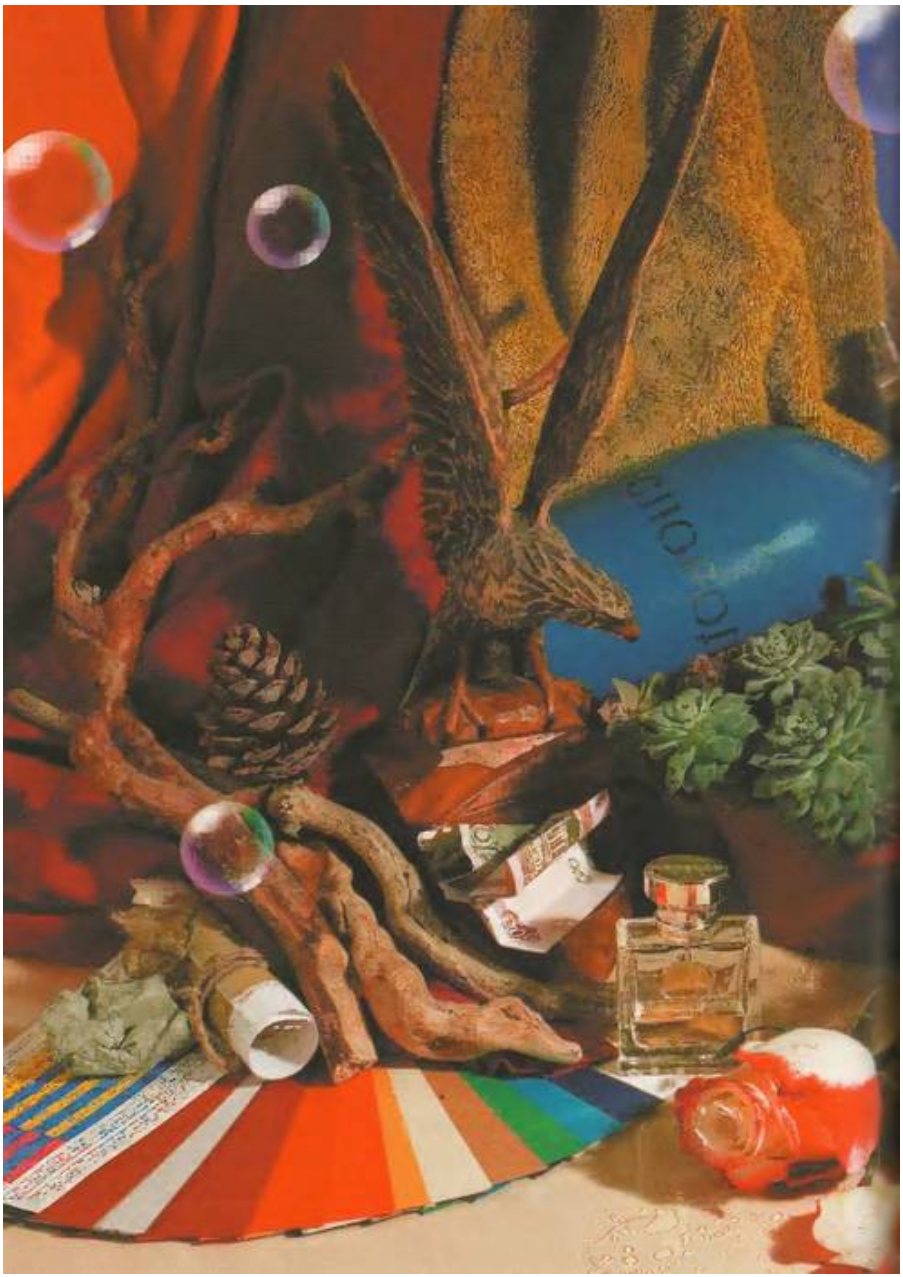
Не знаю, сколь успешна борьба профессора Накамуры со злом, но вот его белые светодиоды побеждают сегодня лампы накаливания по всем статьям. Они работают в сто раз дольше обычной лампы накаливания, которая быстро перегорает. Они не содержат никаких подвижных частей, стекла, нитей накаливания. Они маленькие — стандартный размер пять миллиметров, и для работы им требуется всего лишь батарейка в три вольта (значит, они могут питаться от солнечных батарей). Они не греются и не содержат никаких токсичных компонентов вроде ртути. А главное, они преобразуют электричество в свет с 90%-ной эффективностью в отличие от ламп накаливания, у которых коэффициент полезного действия, как у паровоза, — пять процентов.

В США планируют к 2020 году полностью заменить обычные лампы накаливания на светодиоды. Это должно принести колоссальную экономию электроэнергии. Значит, уменьшатся потребление нефти, компоненты которой сжигают на тепловых электростанциях, чтобы получить электричество, и выбросы диоксида углерода в атмосферу, который образуется при сжигании топлива. А в основе всего лежат относительно простые вещества, получаемые из минералов, взятых в земле.

Ну что ж, давайте подведём итог. Веществ, которые человек заимствует у земли, конечно, гораздо больше, чем мы описали в этой главе. Но и этих примеров достаточно, чтобы лишний раз убедиться в величии природы. Какой же она всё-таки фантастический, виртуозный химик! Как она умеет, растворяя и смешивая, сдавливая и разогревая, испаряя и кристаллизуя, комбинировать разные атомы и молекулы и создавать невероятный по богатству набор веществ. Даже одно вещество она умеет приготовить в разных видах. Углерод является нам в облике графита, сажи и алмаза, карбонат кальция — в облике известняка, мела и мрамора, оксид алюминия — в виде глины и

россыпи драгоценных камней, рубинов и сапфиров, диоксид кремния — в виде обычного песка, кварца, горного хрусталя, опала, халцедона, агата, яшмы... А мы берём все это беззастенчиво, перерабатываем и украшаем свою жизнь, делаем её комфортной и удобной.

Глава 5. Зачем же так глубоко копать? Просто протяни руку!



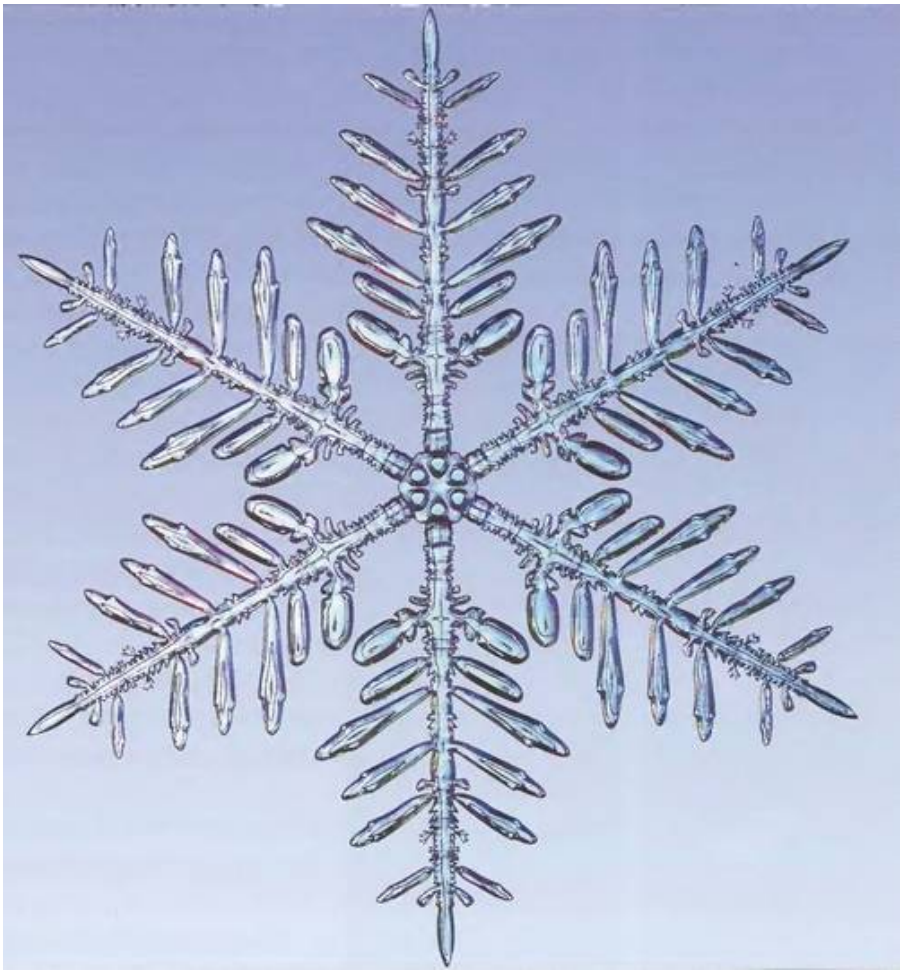
Самое необыкновенное вещество на Земле

Мы основательно покопались в Земле, пора выбираться на поверхность.

Тем более что и здесь так много разных удивительных и полезных веществ, созданных природой, — просто протяни руку.

Как вы думаете, какое самое главное и самое необходимое человеку вещество мы можем найти на поверхности земли? Конечно, воду. Она повсюду — в лужах и ручьях, реках, морях и океанах, горах и ледяных айсбергах, в туманах и облаках. Вода — фантастический художник, потому что делает наш мир красивым. На воду в водопадах, реках и морях можно смотреть часами, она как живая. А какие потрясающие картины восхода и заката солнца, какие изумительные радуги дарят нам капельки воды, которые висят в воздухе и играют с солнечным светом, словно бриллианты! В какие неповторимые резные снежинки и причудливые морозные узоры на окнах превращается она, замерзая! Без воды мир потерял бы не только краски, но и саму жизнь. Потому что без воды жизнь невозможна. Она и зародилась-то в воде более миллиарда лет назад. Мы сами состоим из воды более чем на 60%.

Водяной пар, который всегда присутствует в воздухе, столкнувшись с холодным стеклом, оседает на нём тончайшим слоем воды. Но стоит ударить морозу, как эта вода превращается в изысканные ледяные узоры



В сильный мороз капли воды в облаках кристаллизуются, образуя снежинки. Интересно, что чаще всего получаются снежинки с шести лучами. Но их узор не повторяется. Идеально симметричная снежинка, которую вы видите на фотографии, образуется из чистой воды

Академик Игорь Васильевич Петрянов-Соколов называл воду самым необыкновенным веществом на земле и рассказал о ней в своей книжке с таким же названием, которую я советую вам прочитать. Что же необычного в этой бесцветной жидкости, налитой в стакан? В этой жидкости необычно всё. Она до сих пор ставит исследователей в тупик, потому что многие её свойства — исключения из правил. Вода, как и все вещества, состоит из молекул, а в молекуле воды содержатся два атома водорода и один атом кислорода поэтому химики, используя символы элементов, записывают её формулу так — H2O (читается аш-два-о). Или рисуют разными способами. Например, так: два

маленьких шарика (атомы водорода) прилеплены к большому (атом кислорода) как два лохматых уха к голове собаки. Всё как будто просто и понятно. Но это только на первый взгляд.

Таблица Менделеева, в которой расположены все элементы, существующие в природе, и о которой мы говорили в самом начале книги, даёт возможность химикам довольно точно предсказывать свойства веществ. И это прекрасно удаётся для всех других веществ, кроме воды. Согласно этим научным предсказаниям, вода должна закипать при минус восьмидесяти градусах, то есть она должна быть газом. Между тем вода закипает при ста градусах и существует в виде жидкости, пока её не испарят нагреванием. А при какой температуре замерзает вода? «При нуле градусов, это знают все», — скажете вы. Верно, но, по расчётам, она должна замерзать при минус сто градусов. Как видите, два главных и обычных свойства вещества оказались совсем необычными. Почему?

Всё дело в строении воды как вещества. Оказывается, молекула воды может удерживать возле себя еще четверых подружек, таких же, как она. Те, в свою очередь, тоже могут притянуть к себе своих соседок. Так из молекул воды складываются гибкие ажурные хороводы с самым разным количеством участников. Конечно, связи между молекулами воды в таких ансамблях не такие прочные, как между атомами углерода в алмазе. Но они всё же достаточно крепкие, чтобы удерживать их вместе при температурах, когда они должны были бы разлететься в разные стороны, превратившись в газ.

А вот ещё одно необычное свойство. Вещества при замерзании обычно уменьшаются в объёме, но только не вода. Она расширяется! Объём, который занимает лёд, больше, чем объём воды, из которого он получился. Вы можете сами убедиться в этом, если сделаете небольшой эксперимент.

Возьмите стеклянную бутылку (именно стеклянную!), заполните её водой по самое горлышко и крепко закройте пробкой или крышкой. А затем положите бутылку в пластиковый пакет, засуньте в морозильную камеру холодильника и через два-три дня посмотрите, что получилось. Результат вас удивит — толстое стекло бутылки треснуло, не выдержав напора расширившейся замерзшей воды.

Кстати, это явление отчасти повинно в том, что у нас плохие дороги. Если вода, попавшая в трещинки в асфальте, замёрзнет, то лёд расширится и начнёт эти трещины раздвигать. Вот так постепенно асфальт крошится и покрывается ямами и колдобинами. По этой же причине замороженные ягоды и овощи, если их оттаять, выглядят совсем не так, как только что с грядки,

— какие-то вялые и мягкие. А виновата всё та же вода. Замерзая в клетках, она расширяется и разрывает их стенки.

Итак, из-за того что вода при замерзании расширяется, лёд становится легче воды и плавает по ней — ещё одна аномалия, с точки зрения физика и химика. Но аномалия очень полезная, иначе на реках и озёрах лёд не держался бы на поверхности, водоём промерзал бы насквозь, и вся рыба в нём погибала бы. Да и все айсберги ушли бы под воду. Это бы и ладно — «Титаник» до сих пор бы плавал.

Или вот такой факт. Все мы знаем, какой упругой становится вода, бьющая из шланга, если зажать выходное отверстие шланга пальцем, оставив маленькую щёлку. Можно увеличить давление и другим способом — поставить мощный насос. И вот если струя воды будет вытекать из шланга со скоростью 100 м/сек, то она станет упругой как сталь. Её нельзя разрубить даже саблей — клинок отскакивает от струи воды.

Есть множество и других аномалий в поведении воды. Но об этом вы прочитаете в специальных книгах, когда подрастёте и займётесь химией.

Есть ли у воды форма?

Вопрос не так глуп, как может показаться на первый взгляд. Хотя многие книги будут убеждать нас, что у воды нет никакой формы, она принимает форму сосуда, куда налита, это свойство всех жидкостей. И тем не менее у воды есть форма — шар. Это прекрасно знают космонавты, которые не раз разливали воду на борту космических станций. В невесомости вода немедленно собирается в шарики, большие и маленькие, которые парят вокруг космонавтов.

Почему же вода собирается в шарики? А всё дело в тех взаимодействиях между молекулами, о которых мы говорили. Силы связи между молекулами воды велики. Та молекула, которая оказалась на поверхности, не может так просто оторваться от своих подружек — они тащат её, «вцепившись в юбку», назад. Поэтому каждая молекула втягивается с поверхности внутрь жидкости, и эта внутренняя сила, в свою очередь, стягивает поверхность. Химики называют её силой поверхностного натяжения. У воды она особенно велика. Вот почему в невесомости, где нет силы тяжести, вода собирается в капельки-шарики.

Эта же сила заставляет воду подниматься вверх по

трещинкам и тонким каналам в почве, по корням, стволам и листьям растений, да и просто по тонким трубкам — капиллярам. Положите краешек полотенца в тазик с водой. Через некоторое время вы обнаружите, что всё полотенце мокрое. Растения и вовсе фантастические насосы. Каждый день они прокачивают через себя очень много воды. Например, взрослая берёза извлекает корнями из почвы и испаряет с поверхности листьев до семидесяти ведер воды за сутки.

Интересно, а сколько молекул воды содержится в одной капле? Чтобы пересчитать число молекул в одном кубическом сантиметре воды, всем жителям Земли придется трудиться около пяти тысяч лёт, если каждый будет отсчитывать по одной молекуле в секунду.

Вода, зацепившись за невидимую паутину, повисает на ней не кубиками и не пирамидками, а шариками. Это самая выгодная форма для воды, поскольку у сферы самая маленькая площадь поверхности среди всех мыслимых и немыслимых объемных тел. Стремление к минимализму — один из законов природы

Почему вода в море солёная?

Чтобы ответить на этот вопрос, надо вспомнить ещё об одном удивительном свойстве воды — её способности растворять в себе другие вещества. Положил в чай ложку сахара, помешал, вот и не видно сахара — растворился. Молекулы воды растащили молекулы сахара в разные стороны и сделали их невидимыми. Бросил щепотку соли в суп, помешал — и нет соли, растворилась. Правда, в этом случае в воде не плавают отдельные молекулы соли, вода и их растаскивает на части.

Такое случается со многими веществами. Стоит им попасть в воду, как под её воздействием силы, удерживающие молекулы или атомы в веществе, ослабевают почти в сотню раз. И если внутренних силёнок у вещества мало и оно не может противостоять воде, то молекулы начинают отрываться от его поверхности. Вещество растворяется.

Конечно, разные вещества ведут себя по-разному. Что-то растворяется очень быстро, как соль, а что-то очень медленно, как гранит или, скажем, стекло. Но всё равно растворяются! Вместе со стаканом горячего чая вы можете выпить около одной десятитысячной грамма стекла. (Не бойтесь, растворенные молекулы стекла не царапаются и не колются!)

Вода — универсальный растворитель. Этим и объясняется солёный вкус морской воды. Ведь моря питаются реками. А реки берут своё начало из подземных источников воды или из ледников в горах. Проходя сквозь толщу земли, стекая по склонам гор, вода неизбежно захватывает мельчайшие, а то и крупные частицы самых разных пород, содержащих соли. Она несется с большой скоростью к морям, чтобы отдать им всё это минеральное богатство. И здесь, в море, в тиши и покое, вода постепенно растворяет те соли, которые ей по зубам. В результате литр морской воды содержит около тридцати пяти граммов самых разных солей, главная из которых — наша хорошая знакомая, поваренная соль. И если вдруг моря и океаны испарились бы, то их дно покрылось бы слоем солей толщиной шестьдесят метров.

«Почему же тогда вода в реках несолёная?» — спросите вы. А дело в том, что вода в реках не стоит на месте, она всё время бежит и всё время обновляется. Через шестнадцать дней пресная вода во всех реках мира обновляется полностью! А вода в морях настаивается, соприкасаясь с земными породами сотни миллионов и миллиарды лет, от самого образования этих самых морей.

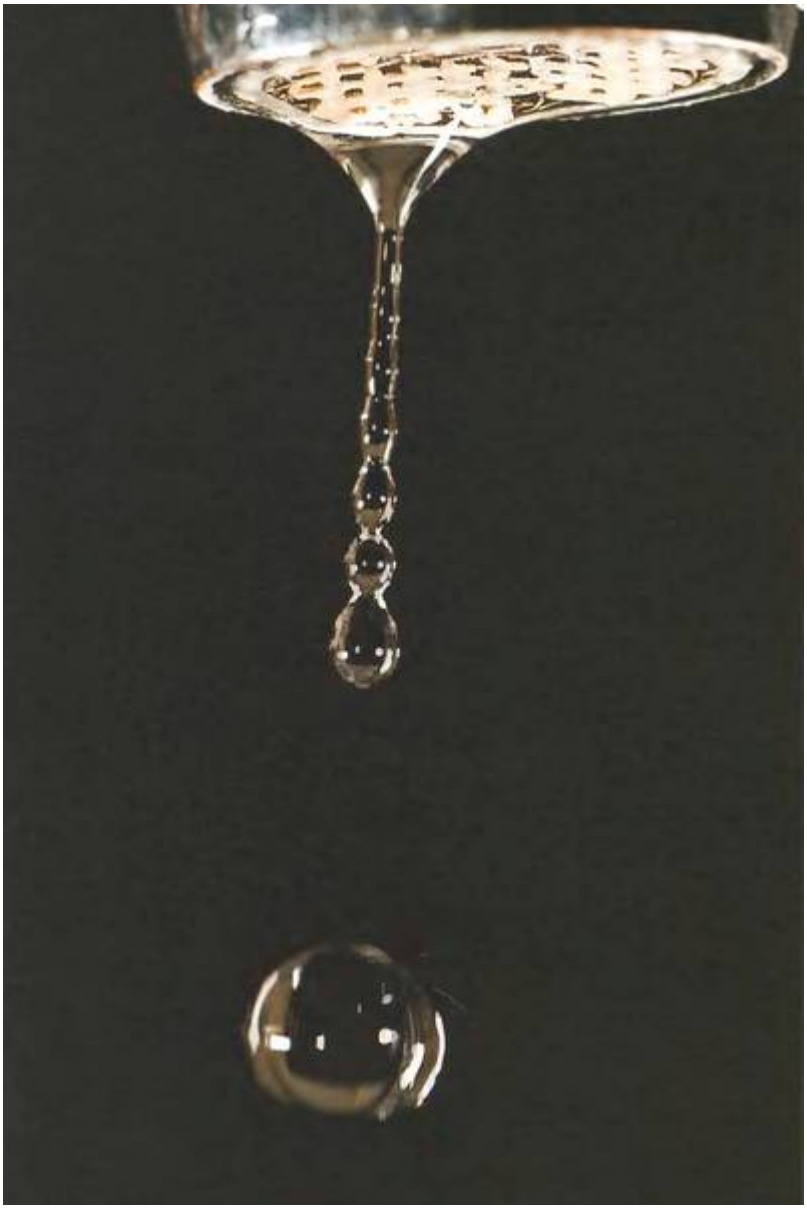
Но и в пресной воде содержится много разных солей, в среднем около полутора грамма в литре. Хотите убедиться в этом? Вылейте воду из чайника и загляните внутрь. Вы увидите, что дно и стенки чайника покрыты белёсой корочкой — это соли, которые высадились из воды при её кипячении. Среди солей, растворённых в воде, бегущей из крана на кухне, нет поваренной соли, которая придает солёный вкус воде. Но зато есть соль, которая образуется при растворении в воде другого нашего хорошего знакомого — известняка. Когда этой соли много, вода становится «жёсткой», вы наверняка слышали это выражение от бабушки. Нет, «жёсткая» вода, конечно, течёт точно так же, как и «мягкая», но она оставляет после себя много налёта в чайнике, в ней плохо мылится мыло, и волосы после мытья в ней не становятся пышными и шелковистыми.

А есть ли совсем чистая вода, в которой нет ничего, кроме её собственных молекул? Боюсь, что такой чистой воды пока что ещё никто не видел. Она же всё непрерывно растворяет — материал

сосуда, в котором находится, вещества, содержащиеся в воздухе. Есть, конечно, технологии, позволяющие максимально очистить воду. Но и в ней обязательно будут примеси, пусть в ничтожных количествах. Кстати, свойства такой очищенной воды отличаются от обычной. Её можно нагреть, скажем, до 150 градусов, а она не закипит. Её можно выставить на двадцатиградусный мороз, а она не замёрзнет. Ну что с неё взять? Одно слово — вода, всё-то у неё не как у «нормальных» веществ.

Зачем нам вода?

Конечно же для того, чтобы пить и чтобы готовить чай, кофе, суп, компот, варенье. Ведь мы без воды никак не можем. Надеюсь, вы запомнили, что мы сами состоим из воды более чем на 60%. И в этой воде в нашем теле непрерывно протекают самые разные химические реакции. Мы их, конечно, не чувствуем, но только благодаря им мы дышим, спим, едим, растём, читаем, думаем, катаемся на роликах, делаем уроки или зарядку, спорим с папой или болтаем по телефону. Без еды человек может продержаться долго. А вот без воды — три-четыре дня, не больше.



Капли воды, вытекающие из плохо закрытого крана, выглядят, конечно, красиво. Но когда эти капли собираются в реки канализации, становится грустно. Берегите воду!

Но это не единственное, зачем людям нужна вода. Сельское хозяйство без воды невозможно — надо поливать поля, чтобы собрать урожай. Ведь растения — они тоже живые. Без воды они сохнут и быстро погибают. Чтобы вырастить, скажем, килограмм риса, необходимо потратить от двух до пяти тысяч литров пресной воды, килограмм пшеницы — тысячу литров, килограмм

картошки — пятьсот литров. Нужна вода, чтобы поить коров, выращивать для них корм.

Однако не только сельское хозяйство пьёт воду. Она нужна всем предприятиям, которые производят для нас то, что нам нужно. На изготовление килограмма сыра уходит пять тысяч литров воды, килограмма сахара — три тысячи литров, килограмма кофе — двадцать тысяч литров. Чтобы получить одну тонну чугуна, надо израсходовать на многочисленные технологические операции более пятидесяти тысяч литров, или пятидесяти тонн, воды. Вода нужна, чтобы месить бетон и штукатурку, делать фарфор и керамику, наводить порядок в квартире и принимать душ... Это перечисление можно продолжать. Но не будем — и без того понятно, что воды человечеству нужно много. Лучше воздадим славу природе, что это незаменимое вещество есть на нашей Земле.

А знаете, сколько драгоценной питьевой воды утекает каждое утро в канализацию, пока вы чистите зубы? Ведь кран при этом наверняка открыт, и вода хлещет полной струёй. Это нетрудно установить. В ближайшее же утро, отправляясь в ванную, поставьте под кран таз и начинайте чистить зубы. Засчитывать надо ту воду, которая льётся просто так, пока вы трёте щеткой эмаль своих зубов. Воду, которой вы споласкиваете рот, надо пускать в обход тазика. А теперь посчитайте, сколько же набралось в тазике воды. Попросите у мамы литровую банку и вычерпывайте воду из таза банка за банкой. Сколько получилось? Пять? Десять? Двадцать банок? А теперь умножьте это количество литров на 70 миллионов (будем считать, что половина населения России уж точно чистит зубы по утрам каждый день). И получится у нас преогромное число. Вот сколько воды мы выливаем впустую каждый день только тогда, когда чистим зубы. Я вас прошу, выключайте воду — давайте побережём это чудесное вещество, которое специально очищают и готовят, прежде чем запустить в наши краны.

Подумаешь, скажете вы, воды ведь много, она же в круговороте и никогда не кончается! Это не совсем так, и сейчас мы об этом поговорим.

Площадь уникального озера Байкал, заполненного чистейшей пресной водой, сравнима с площадью Бельгии, а его длина почти такая же, как расстояние от Москвы до Санкт-Петербурга. Но главное его достоинство состоит в том, в нём заключена пятая часть всей пресной воды, которая запасена во всех пресных озерах мира

Где взять воду?

Вроде бы воды кругом сколько хочешь. Бери — не хочу. Всё так, да не совсем. Воды на Земле действительно много — 1388 миллионов кубических километров. И это величина постоянная. Вода никуда не девается, потому что находится в вечном круговороте. Об этом вам наверняка рассказывали в школе. Вода, нагретая солнцем, испаряется, поднимается в атмосферу, превращается в облака и тучи, проливается дождём, питая землю, реки и океан. А потом опять испаряется... И так по вечному кругу.

Так в чём же проблема, спросите вы? Проблема в том, что нам нужна пресная вода и только пресная. Большая же её часть (96,4%) на Земле — солёная, запасённая в морях и океанах. Так что на долю пресной остается совсем немного — 3,6%. Но и из этой малости мы можем взять совсем чуть-чуть. Потому что большая часть пресной воды нам недоступна — она лежит в подземных ледниках в зонах вечной мерзлоты, в ледниках в горах, в Антарктиде и на Северном полюсе, в глубоких подземных горизонтах и в виде водяного пара в атмосфере. Ну и как, спрашивается, эту воду засунуть в водопроводный кран?

Очередное чудо природы — в солёном море-океане плавают гигантские глыбы льда из пресной воды. Они иногда достигают в длину десятков, а то и сотен километров. На фотографии вы видите лишь верхушку этого монстра. То, что находится под водой, в девять раз больше

Что же нам остаётся? Выбор невелик. Мы можем взять воду из рек, некоторых озер, водохранилищ и неглубоких подземных горизонтов. Вот и всё. А это не так уж и много. И хотя вода крутится в круговороте, всё время обновляется и никуда не исчезает, мы начинаем потихоньку чувствовать её дефицит. Воды столько же, но наши аппетиты растут год от года. И сегодня уже каждый третий житель на планете испытывает недостаток питьевой воды. Поэтому, хотим мы этого или нет, воду придётся экономить — каждый день и каждую минуту.

«Ну, раз такое дело, давайте из солёной воды делать пресную», — скажете вы. Давайте, только это не так просто, как может показаться на первый взгляд. Действительно, воду можно испарять из солевого раствора, а потом осаждать на холодной поверхности, то есть конденсировать. То, что при этом действительно получается пресная вода, вы можете убедиться сами. Возьмите небольшую кастрюльку, налейте туда литр воды из-под крана и растворите в ней несколько столовых ложек поваренной соли. Ох, и соленый же раствор получится, прямо как морская вода! Поставьте кастрюльку на плиту, доведите воду до кипения, а потом на минуту закройте кастрюльку холодной крышкой. Когда вы поднимете крышку, то увидите на ней капельки сконденсировавшейся воды. Аккуратно слейте их на блюдечко, дайте остыть и попробуйте. Никакого вкуса! Но понятно, что этот способ требует много энергии, поэтому вода получается очень дорогой.

Можно вымораживать воду из солевого раствора — первыми будут образовываться кристаллики из чистой, пресной воды. Кстати, таким образом можно получать чистую воду не только из солёной, но и из любой грязной воды. Этот эксперимент вам под силу. Попросите у мамы или бабушки пустую металлическую банку из-под консервов — зелёного горошка, например. Хорошенько отмойте её и заполните водой, например — из крана, если вам кажется, что она грязная, или из ближайшего пруда. Теперь поставьте банку в морозильник и ждите.

Вода начнет замерзать вдоль стенок, причём вымораживаться будет чистая вода, выдавливая из себя растворы всяких солей и грязи к центру банки. Когда вода замёрзнет полностью, вытащите эту большую ледышку и внимательно рассмотрите. Будет хорошо видно, что по краям лёд прозрачный, чистый, а в центре какой-то жёлтый, грязный. Теперь жёлтую серединку можно вымыть струёй горячей воды, а оставшийся чистый лёд растопить. Вот вам чистая вода. Многие умельцы не дожидаются, пока замёрзнет вся вода. Как только две трети содержимого превратилась в лёд, они вынимают банку из морозилки, грязную воду из серёдки сливают, а оставшийся чистый лёд растапливают.

В природе это происходит «само собой», так в Арктике и в Антарктиде образуются бесконечные поля пресного льда. Но если мы хотим повторить этот процесс в условиях тёплого климата, то такая заморозка потребует много энергии — опять дорого. Проще заарканить в океане большой айсберг, состоящий, как вы уже поняли, из пресного льда, и отбуксировать его в порт. Такой вариант обсуждается вполне серьёзно.

Но как ни крути, а все способы опреснения солёной воды

встают в копеечку. Не сравнить с тем, что мы берём в реках и водохранилищах. Может, вам удастся придумать гениальный и дешёвый способ опреснения воды из морей и океанов? Тогда благодарное человечество поставит вам памятник.

В заключение своего длинного рассказа о воде я расскажу вам об одном фокусе, которым вы сможете поразить своих друзей и родителей. Для него вам потребуется очень чистая вода, которую вы уже научились получать вымораживанием или выпариванием. Налейте эту воду в какой-нибудь прозрачный сосуд, прикройте крышкой и осторожно поставьте в морозильник. По всем правилам, вода должна бы замёрзнуть.

Но очень чистая вода не любит подчиняться правилам, поэтому она не замёрзнет. (А если всё же замёрзнет, значит, вам не удалось получить чистую воду.) Через пару часов осторожно вытащите сосуд из холодильника, поставьте на стол и взмахом волшебной палочки заставьте её в мгновение ока превратиться в лед. Для этого заранее заготовьте палочку, кончик которой можно обмакнуть в солонку, чтобы налипло несколько кристалликов соли. Стоит только прикоснуться этим кончиком к поверхности переохлаждённой воды, как она должна мгновенно начать кристаллизоваться по всему объёму. Не расстраивайтесь, если с первого раза фокус не удастся. В любом деле надо, как говорится, набить руку.

Летучие невидимки

Есть ещё одно замечательное вещество, без которого жить нельзя, — кислород (он обозначается символом O в таблице Менделеева). Этот газ, молекула которого состоит из двух атомов кислорода (O_2), — без цвета и без запаха. Кстати, то, что кислород невидим, безвкусен, лишён запаха и газообразен при обычных условиях, надолго задержало его открытие. Кислород нашли и распознали лишь в восемнадцатом веке благодаря стараниям выдающихся химиков Джозефа Пристли, Карла Вильгельма Шееле и Антуана Лорана Лавуазье.

Итак, кислород мы не видим и не чувствуем, хотя в воздухе, которым мы дышим, его много — почти 21% по объёму, пятая часть. (Остальное приходится на азот с небольшой примесью углекислого газа.) Но мы прекрасно чувствуем его отсутствие. Если в комнате душно, мы просим открыть окно, чтобы впустить свежий воздух, — дышать же нечем!

А зачем нам кислород? Вдыхая порцию свежего воздуха, мы

посылаем кислород в лёгкие. В них он впитывается в кровь, где его уже поджидает специальное транспортное средство под названием «гемоглобин», и на этом скоростном такси кислород доставляется во все органы, ткани и клетки, из которых сложен наш организм. Каждая крошечная живая клетка, а их в нашем теле сто тысяч миллиардов (!) — это маленький химический реактор, где вещества непрерывно взаимодействуют друг с другом, превращаясь в то, что нужно нашему организму. Каждую секунду, без остановки на сон и обед, в нашем теле незаметно протекают миллиарды реакций, благодаря которым мы и живём. О том, что все эти реакции происходят в воде, мы уже говорили. Так вот, кислород — главное действующее лицо в этих превращениях.

Это памятник веществу, которое вам хорошо знакомо, — ржавчине. Она всегда образуется там, где железо встречается с кислородом и водой, в результате чего железо окисляется

С его участием протекают разнообразные реакции окисления, в которых «сгорают» вещества, поступающие с пищей в наш организм. А в результате выделяется много энергии — той самой, которую мы используем, чтобы двигаться и поддерживать постоянной температуру нашего тела, 36,6 градусов. Правда, в таких реакциях всегда выделяется диоксид углерода ($CO2$). Но, к счастью, мы умеем легко избавляться от него, выдыхая его в атмосферу.

Кислород — чрезвычайно активное вещество. Он так и ищет, с кем бы ему соединиться и что бы ему разрушить. Поэтому кислород вездесущ. Этот элемент присутствует в подавляющем большинстве веществ, из которых сделан мир и мы сами. Из тех веществ, с которыми вы уже познакомились в этой книге, — он есть в воде, в песке, глине и почти во всех минералах. В большинстве веществ, из которых сделано всё живое (химики называют их органическими веществами), во всём, что мы едим и носим, обязательно есть кислород.

Кислород никогда не успокаивается. Что бы ни подвернулось ему под руку, он первым делом пытается окислить «собеседника». Чаще всего ему это удается. Попалась железная крыша, и он начинает работать, превращая железо в ржавчину — соединения железа с кислородом. Правда, в случае с железом это долгий процесс. Но бывают быстрые, почти мгновенные реакции окисления. Возьмите яблоко, например антоновку, разрежьте, и через минуту-другую вы увидите, как срез начинает темнеть. Это вещества по имени «полифенолы», содержащиеся в яблоке, начинают окисляться.

Противиться активному кислороду не может и древесина, стоит только её поджечь. Горение — это ещё одна очень бурная реакция окисления, во время которой выделяется много тепла. Вот почему мы можем согреться у костра и сварить на нём еду

А горение? Это тоже реакция окисления с участием кислорода. Быстрая, красивая, но и опасная. При реакциях окисления выделяется тепло, благодаря которому можно

погреться у костра или камина. Преющее сено, в котором происходит медленное окисление, становится теплым. Да и перегной, который на дачах кладут в парники, тоже разогревается от окисления и согревает растения. Но ведь и до пожара недалеко.

Поэтому очень полезный и необходимый для жизни кислород бывает и опасен, и вреден. Вот почему химики придумали разные вещества, которые защищают от этого агрессора. Их вводят в состав материалов, чтобы они не горели и не окислялись, чтобы дольше служили. Наш организм тоже придумал свою внутреннюю защиту от неуёмного кислорода. Бывают случаи, когда его надо сдерживать. Вот на эти случаи и есть вещества, называемые антиоксидантами, которые тормозят реакции окисления в наших клетках. Очень много таких веществ содержится, например, в зелёном чае. Поэтому люди, заботящиеся о своем здоровье, пьют именно его. Как ваши бабушка и мама. Я угадала?

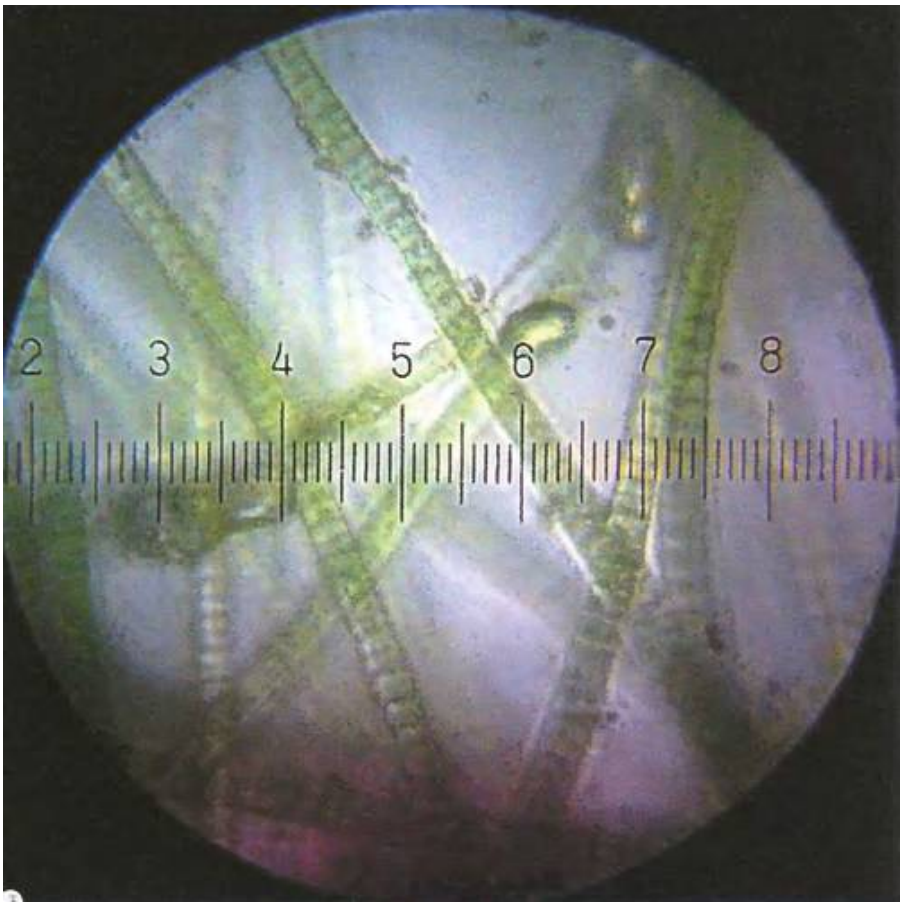
Вообще, долгое пребывание в чистом кислороде приводит к смерти: об этом писали еще Пристли, Шееле и Лавуазье. Мыши в кислороде гибнут через три-пять дней, а болезненные изменения в их организме начинаются уже в первые часы. Так что относительно небольшое содержание кислорода в воздухе, точно рассчитанное природой, — это оптимум, отклоняться от которого не стоит.

Откуда берётся кислород?

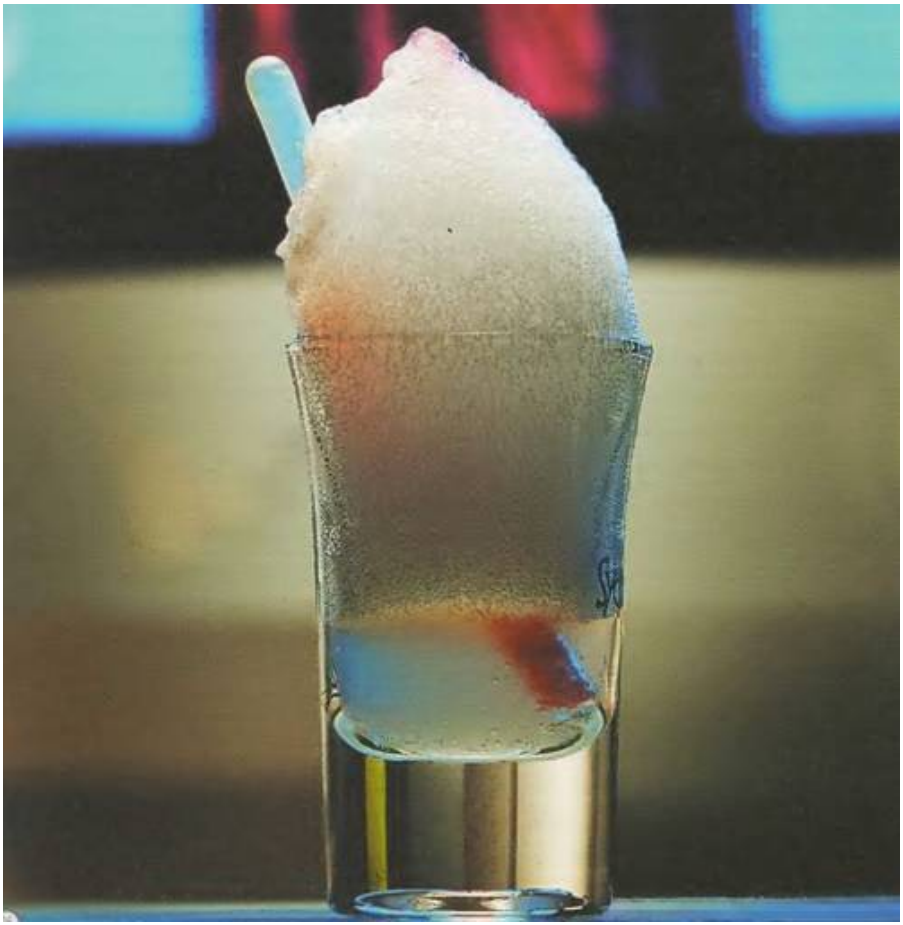
В самом деле, откуда берётся кислород? Он же непрерывно расходуется на дыхание и окисление всего? А его количество в воздухе как будто и не уменьшается. Так и есть, и всё благодаря очередному химическому чуду, сотворённому природой.

Всё дело в растениях и водорослях. Они не едят борщ, котлеты с картошкой и компот. У них своя еда — вода, воздух и... свет. Они берут воду из почвы, из лужи или океана. Они всасывают через свои зелёные листочки и клетки диоксид углерода, которого много в атмосфере, потому что это главный продукт любой реакции окисления. Они улавливают солнечные лучи. А дальше начинается великое таинство под названием «фотосинтез». Из этих незамысловатых компонентов, то есть всего лишь из трёх элементов — водорода, кислорода и углерода, содержащихся в воде и диоксиде углерода, — растения в своих клеточках синтезируют величайшее множество самых разных органических соединений. Ведь из атомов водорода, кислорода и

углерода, взятых в любом количестве, можно составить бесконечное количество комбинаций. Так получаются вещества, из которых состоят сами растения. Они позволяют им расти, цвести и размножаться.



Одни из главных поставщиков кислорода на Земле — цианобактерии, или сине-зелёные водоросли. Они живут в морях и океанах, поэтому морская вода такого красивого сине-зелёного цвета. Крошечные цианобактерии непрерывно поглощают воду и углекислый газ, а в атмосферу возвращают кислород. Этот процесс учёные называют фотосинтезом



Но кислород можно получить и в лаборатории без помощи живых существ. Если в стакан налить перекись водорода (из аптечки) и добавить капельку сока хрена или крови, то мгновенно начнётся бурная реакция, которая запечатлена на фотографии. Перекись водорода под действием компонентов сока хрена (ферментов) начнёт быстро разлагаться на воду и кислород. Он-то и поднимает такую пену

А что же кислород? В результате этих реакций растения выделяют в атмосферу кислород, чистейший и самый настоящий. «А разве самим растениям кислород не нужен?» — спросите вы. Нужен, обязательно нужен. Мы же знаем, что большинство реакций в живых организмах (а растения конечно же живые!) протекают с участием кислорода. Поэтому часть кислорода, который растения производят, они расходуют на свои нужды, на своё собственное «дыхание», а остальное отдают в атмосферу, чтобы все другие живые существа тоже могли дышать. Арифметика тут такая: на собственные нужды растения тратят

лишь одну седьмую часть произведённого ими кислорода. Причём подавляющую часть этого вещества (80%) в атмосферу поставляют одноклеточные водоросли, живущие в океане, и лишь пятую часть (20%) — растения, живущие на земле. Вот почему океан и леса называют лёгкими нашей планеты.

Откуда мы всё это знаем? Ещё до того, как химики придумали разные приборы, позволяющие находить кислород где угодно и измерять его количество, они уже установили, что растения умеют производить этот волшебный газ. Один из первооткрывателей кислорода Джозеф Пристли поместил зелёную ветку мяты под стеклянный колпак с воздухом, в котором горела и потухла свеча. И оказалось, что живая зелёная ветка возвращает воздуху под колпаком способность поддерживать горение свечи.

«А ночью, когда нет света, фотосинтез останавливается?» Это замечательный вопрос, спасибо. Да, останавливается. Поэтому ночью растения дышат тем кислородом, который есть в атмосфере. А водоросли дышат ночью тем кислородом, который растворён в воде — в среде их обитания. Кислород не то чтобы очень хорошо растворяется в воде, всего лишь сотая часть того, что находится в атмосфере, может поглотиться водой. Но этого вполне достаточно, чтобы поддерживать жизнь в водоёмах.

Между прочим, наименее требователен к кислороду карась, он спокойно живёт в заросших прудах, где почти весь растворённый в воде кислород расходуется на окисление органических веществ. Карп куда более привередлив, ему нужно, чтобы в литре воды содержалось не меньше четырёх миллиграммов кислорода. Но больше всего кислорода требуется рыбам, обитающим в быстрых реках, особенно горных, например форели. Им же приходится частенько плыть против течения, то есть тратить много энергии. А эту энергию в своих телах они получают благодаря реакциям окисления.

А нужен ли нам чистый кислород?

Да, чистый кислород нам нужен для многих и очень важных дел. Больному, который задыхается, надо немедленно дать кислородную подушку. А чем её заполнить? Чистым кислородом. Он нужен и на самолётах на случай разгерметизации, и на подводных лодках для восполнения убыли кислорода, чтобы экипаж мог свободно дышать каждую минуту.

Кислород нужен и в промышленности. Благодаря ему можно

поддерживать высокую температуру горения в домнах или печах, где выплавляют металл. Он необходим на тех производствах, где продукцию получают с помощью реакций окисления. В общем, чистого кислорода нужно много.

Как же его получить? Химикам известно множество разных способов. Например, можно пропустить электрический ток через воду, и ее молекулы разложатся на составные части — водород и кислород. Или взять вещество, которое химики мудрёно называют перманганатом калия, а бабушка и мама попросту марганцовкой. Оно наверняка есть в вашей домашней аптечке — пузырёк с темно-фиолетовыми, почти чёрными мелкими кристалликами. Если его нагреть, то в результате будет выделяться чистый кислород.

Или другое вещество из той же аптечки — перекись водорода. Она, как и вода, сложена из атомов водорода и кислорода, только в ней на два атома водорода приходится не один, а два атома кислорода. Перекись водорода — относительно неустойчивое соединение и постепенно разлагается, превращаясь в воду и выбрасывая «лишний» кислород. Но этот процесс можно ускорить, например бросив в кружку, в которую вы вылили пузырёк перекиси, несколько небольших кусочков сырых овощей. Жидкость в кружке буквально вскипает от выделяющихся пузырьков чистого кислорода. То же самое происходит, когда мама смачивает перекисью вашу разбитую коленку. В этом случае разложение перекиси водорода ускоряют вещества, содержащиеся в вашей крови. А выделяющийся, очень активный кислород убивает все микробы, которые могли попасть в рану из земли.

Но все эти способы хороши для лабораторных экспериментов или для бытовых нужд. А вот для получения больших количеств кислорода нужно что-то другое, какая-то простая и дешевая технология.

Эту технологию придумал в тридцатые годы прошлого века великий русский физик Пётр Леонидович Капица. Он сконструировал аппарат, который позволял сильно охлаждать (до минус 196 градусов) и сдавливать воздух, в результате чего тот становился жидким, а потом эту жидкость разделять на ручейки чистейшего кислорода и азота. Струя жидкого кислорода и вправду похож на ручей, потому что он прозрачный и голубоватого цвета.

Сокровища из полена

Уж коль мы заговорили о растениях, то давайте присмотримся повнимательнее к этому источнику самых разных веществ. Эти вещества, приготовленные природой, химики могут брать, переделывать и превращать в то, что нам необходимо.

Возьмём, к примеру, дерево. Его клеточки неустанно трудятся, производя множество разных соединений, которые идут на строительство новых клеток. А ещё из них складываются волокна, которые формируют древесину. Вот так дерево растёт и растёт.

Чего же в древесине больше всего? Больше всего целлюлозы. Это вещество представляет собой длиннющие цепи из повторяющихся фрагментов, которых может быть очень много. А каждый фрагмент — это красивая ажурная конструкция из атомов углерода, водорода и кислорода. Эти молекулы-нити образуют стенки всех клеточек растений. Потому целлюлоза так и называется — от латинского cellula, клетка. Молекулы целлюлозы складываются в длинные гибкие волокна. Они переплетаются и выстраивают ствол и ветки дерева. Именно они делают растение гибким и жёстким — стебелёк гнётся под ветром, но не ломается. Есть в древесине и другие органические вещества. Но для нас с вами сейчас интересна именно целлюлоза.

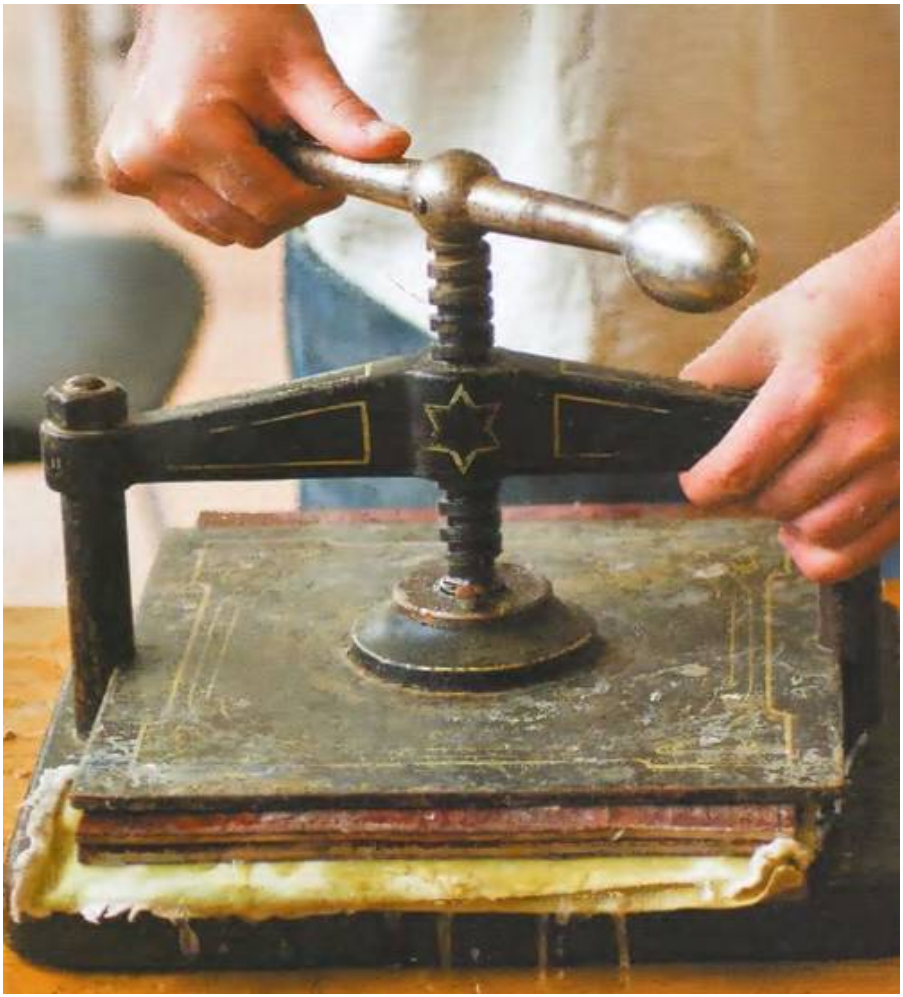
Чем же эта целлюлоза так заманчива? Например, тем, что из неё можно делать бумагу. Вообще-то, честно говоря, бумагу можно делать почти что из любых волокон, главное, чтобы это были именно волокна — хлопка, бамбука, тряпья и многого другого. В 1765 году в немецком городе Равенсбурге вышла необычная книга. Её бумажные страницы были сделаны из разных материалов — опилок, хмеля, торфа, осиных гнезд, мха, капусты, стеблей осоки, льняного и хлопчатого тряпья... Шестьдесят

страниц — шестьдесят материалов. И всё равно — бумага!

Но первую бумагу, секрет которой придумали в Китае почти две тысячи лет назад, делали из бамбука. Вот как выглядела эта древняя технология. Молодые двухлетние стволы бамбука опускали на две недели в воду (в чаны или просто в реку). Размоченный бамбук резали на короткие куски и кипятили, пока он не превращался в рыхлую массу. Эту массу толкли в большой ступе, затем полученное месиво разбавляли водой до густоты молока и держали некоторое время на солнце. Масса становилась светлее, то есть отбеливалась на солнце. А потом «бумажное молоко» выливали на частое сито из шёлковых нитей. Когда жидкость стекала, лист прессовали и сушили. Бамбуковая бумага готова.

Интересно, что современная технология изготовления бумаги, которая появилась у нас в семнадцатом веке и постепенно совершенствовалась, очень похожа на ту, что я только что описала. Сейчас для производства бумаги берут хвойные породы деревьев — просто кладезь волокон, которые нам нужны. Кстати, у нас в стране больше всего именно хвойных пород: самое распространённое дерево в России — лиственница. (Признайтесь, вы ведь подумали — берёза?)

Целлюлоза — это главное и, пожалуй, самое распространённое природное вещество, из которого строятся стенки клеток растений, а также скелет листочков, веток и стволов. Посмотрите, как устроен листок. Он очень похож на само дерево. Такое подобие — ещё один фундаментальный закон природы



Этот ручной пресс для изготовления бумаги в домашних условиях хоть и выглядит старым, но по сравнению с самой бумагой просто юнец

Сначала с дерева снимают кору, потом его рубят на мелкие щепки размером с ноготь. Эти щепки обрабатывают горячим водяным паром, чтобы они промокли насквозь. Затем их отправляют в варочную машину, где при 170 градусах и высоком давлении щепки варятся в растворе щёлочи — соединения натрия, кислорода и водорода. Это очень едкое вещество, и оно решает главную задачу — вынимает из щепок и переводит в раствор все лишние вещества, оставляя только волокна целлюлозы.

После такой процедуры целлюлоза имеет темноватый оттенок. Поэтому её отбеливают. Но не солнечными лучами, как в Древнем Китае, а с помощью очень сильных и едких веществ,

например хлора и той же щёлочи. Отбелённую целлюлозу размалывают почти что в порошок, смешивают с разными веществами — каолином (помните, глина для фарфора?), чтобы бумага была белая и плотная, и полимерами, чтобы она была гибкая и блестящая. И то, что получилось, а получаются такие белые густые «сливки», отправляют на бумагоделательную машину.

Представьте себе бесконечное полотно, сплетённое из металлических или пластиковых нитей. Бумажная масса равномерно растекается по этому полотну, специальные отсасывающие устройства убирают из неё воду. Потом она проходит между валками, которые ещё больше отжимают воду. Потом её сушат на специальных горячих цилиндрах, внутрь которых подаётся горячий пар. Наконец почти сухую бумагу проглаживают, как горячим утюгом, пропуская между двумя нагретыми валиками, отчего она становится гладкой. Вот и всё. Бумага готова. Её сматывают в рулоны и упаковывают.

Не жалко?

«Разве не жалко деревья? — спросите вы. — Так и все леса можно вырубить». Легко, если уничтожать их бездумно, варварски, не считаясь с природой. Но можно подойти к делу и по-хозяйски. Ведь у растений есть потрясающая способность — они всё время растут, то есть всё время воспроизводят сырьё, которое нужно химикам. Как скажут специалисты, это «возобновляемое сырьё». Совсем не трудно соизмерить свои аппетиты с той скоростью роста деревьев, которая предусмотрена в природе. И при этом не забывать, что на месте вырубленных деревьев надо обязательно сажать новые.

Гигантские горы древесных опилок перерабатывают целлюлозно-бумажные комбинаты, чтобы сделать для нас бумагу любого вида и назначения

Кстати, сейчас исследователи в разных лабораториях мира работают над тем, чтобы создать быстрорастущие породы деревьев. Этим занимается относительно молодая область науки, называемая генной инженерией. Может быть, вы станете генным инженером и создадите такую породу сосны, которая будет вымахивать за три-четыре года на двадцать метров. Было бы здорово, потому что древесина нам очень нужна.

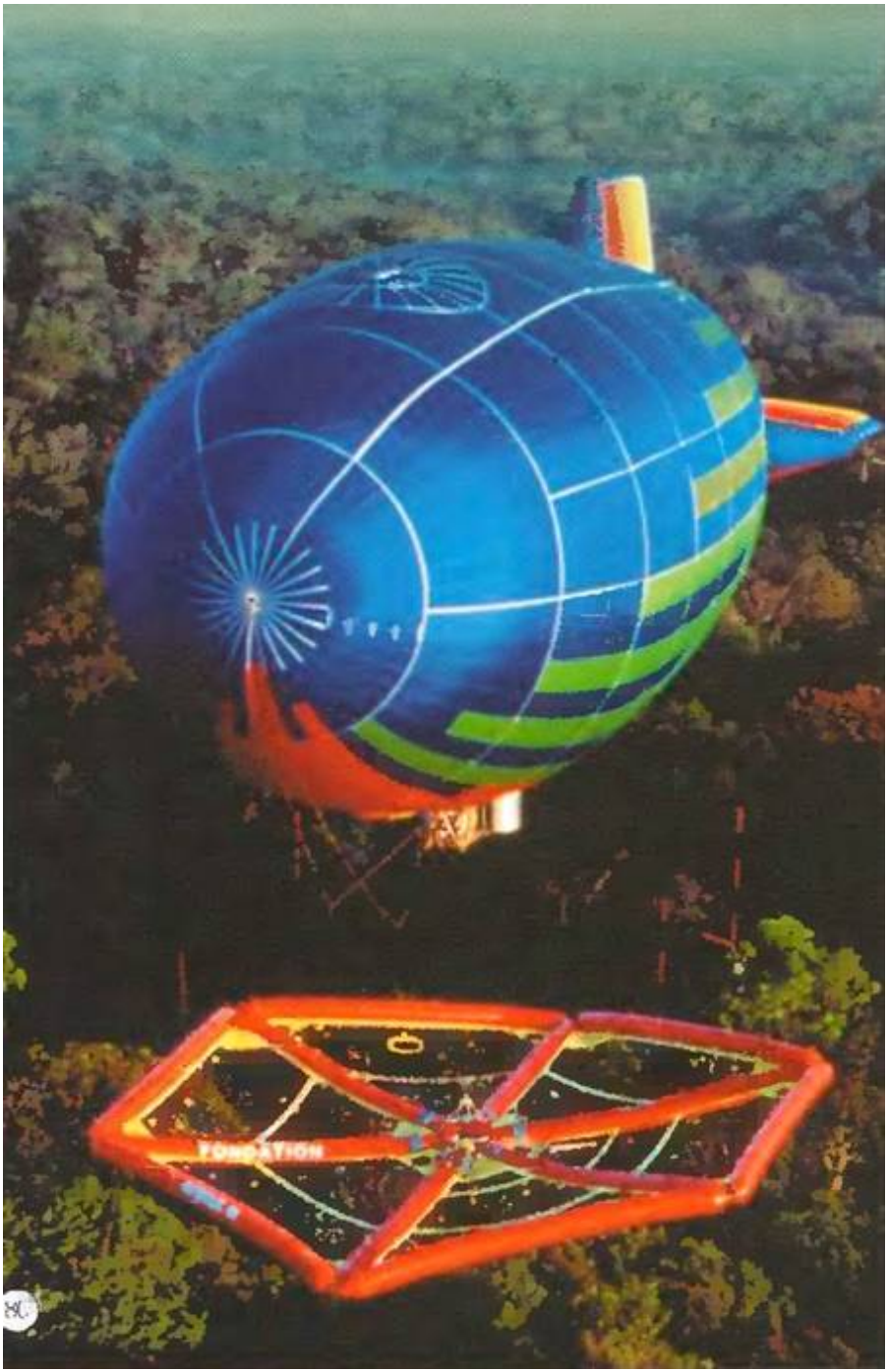
Одних только типов бумаги мы сегодня делаем несколько сотен — для газет и журналов, книг и нот, для письма, черчения и рисования, для денежных знаков, морских карт и переплётов, для салфеток и упаковки, носовых платков и туалетной бумаги, для принтеров и обоев, для электроизоляции и слоистых пластиков.

Но не только бумага. Из дерева мы по-прежнему строим красивые и комфортные дома в деревнях и на дачах. Ведь древесина удерживает тепло, поглощает звук, радует глаз, потому что красивая и пахнет замечательно. Вот рассказываю я вам о деревьях и явственно представляю запах свежих сосновых досок.

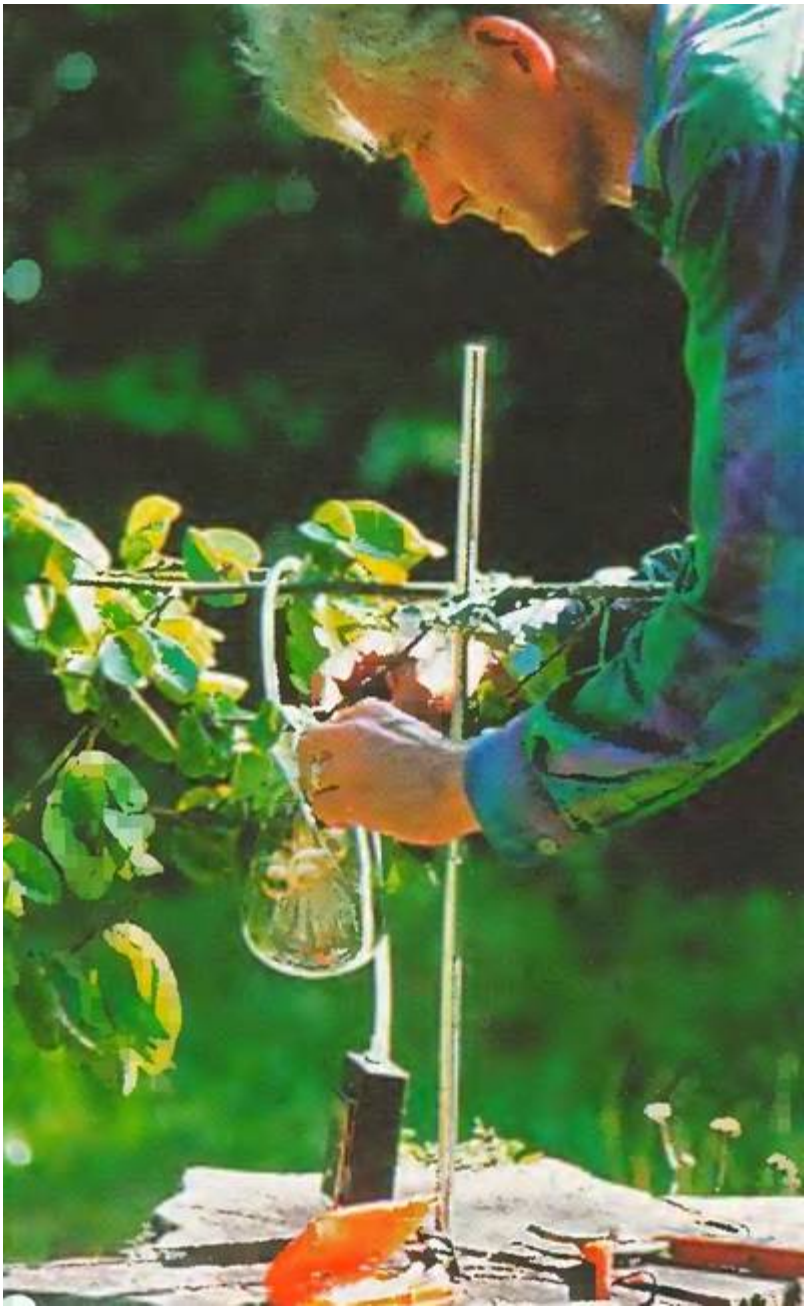
Из чего сделан запах?

Неужели запах тоже состоит из вещества, спросите вы? Конечно! Причём — из множества веществ. Яркий и запоминающийся аромат розы, или ландыша, или сирени сложен из сотен самых разных веществ с причудливыми формулами. Веществ, которые производят в своих клетках сами растения, чтобы привлечь к себе внимание насекомых, которые их опыляют и тем самым помогают им размножаться.

Однако не только насекомые принюхиваются к цветам. Человек тоже любит приятные запахи. Достаточно лишь нескольким молекулам пахучего вещества залететь к нам в нос, как специальные клеточки на слизистой оболочке носа (их называют рецепторами) посылают сигнал в мозг. И эти сигналы очень важны для человека. Вы ведь не будете есть еду, которая плохо пахнет? Конечно, нет, иначе можно отравиться. И от этого вас предостережёт запах. А иной противный запах, например сероводорода (запах тухлых яиц), просто даёт вам команду немедленно уходить отсюда, здесь опасно. И действительно, в больших количествах сероводород ядовит. А есть запахи, которые успокаивают нас, поднимают настроение, будоражат память. Вот почему папа дарит маме на восьмое марта одни и те же духи. Он знает, что их запах каждый день будет напоминать маме о нём.



На таких дирижаблях путешествуют охотники за запахами из исследовательского центра швейцарской парфюмерной компании Givaudan. Они летят над непроходимыми джунглями и высматривают места, где растут экзотические цветы. Там охотники и высаживаются



Профессор Роман Кайзер настраивает прибор, который будет собирать аромат живого цветка.

Человек долго искал источник запаха в цветках, пока наконец не обнаружил пахучие масла, которыми пропитаны не только части цветка, но даже листочки растения, а иногда и ветки.

Обнаружив это богатство и научившись его выделять из растений, люди придумали всякие благовония, чем сильно украсили нашу жизнь. Поначалу парфюмеры — изготовители благовоний — брали природные ароматные масла, разбавляли их чистейшим спиртом и получали духи и одеколон. А чего голову ломать, если природа уже всё придумала и приготовила. Прыснул духами на кожу, спирт тут же испарился, потому что очень летучий, а ароматные вещества остались. Они ещё долго, в течение дня и больше, будут покидать нашу кожу. Сначала улетят самые лёгкие вещества, потом те, что потяжелее. Вот почему духи в течение дня меняют свой аромат.

Но всё-таки, согласитесь, интересно же узнать, что там, в этих маслах, так пахнет! Это стало возможным не так давно, когда у химиков появились приборы и методы, позволяющие разделить смесь неизвестных веществ на составляющие и узнать, как выглядит, то есть какова структура каждого из них. Появилась даже такая профессия, что ли, — охотники за запахами. Они отправляются в самые дикие и потаённые уголки нашей планеты и ищут неизвестные цветы с необычным, приятным ароматом. В иные тропические заросли порой удаётся добраться только на воздушных шарах и дирижаблях. Хотела бы я поработать таким охотником!

Если цветок найден, охотник надевает на него специальный приборчик. Он не повреждает цветок и не мешает ему источать аромат. А это и нужно прибору, который собирает выделяющиеся ароматные вещества. Через день-другой-третий в плену оказывается много аромата, поэтому прибор снимают, плотно закрывают и отправляют в химическую лабораторию. Здесь-то собранный запах и разложат на части.

Этих частей, то есть веществ, набирается до нескольких сотен. Большинство из них парфюмерам уже знакомо, некоторые они видят впервые и тогда пытаются создать их в лаборатории, получить из других, имеющихся в распоряжении веществ. Но в аромате ещё очень важно сочетание и соотношение компонентов. Этому искусству точного смешивания химики тоже учатся у цветов. А ещё исследователи, распознав строение природных ароматных веществ, пытаются искусственно сконструировать новые, неизвестные природе запахи.

Сегодня ароматные вещества, созданные руками химиков, теснят природные. Да и напасёшься разве на всех ландышей и лилий? Но в большинстве дорогих духов обязательно присутствуют природные душистые вещества, к которым добавлены рукотворные. Для современных парфюмеров какой-нибудь синтетический гидроксицитронеллаль или что-то в этом

роде стал обычным делом, они даже произносят это неудобоваримое название без запинки.

Этот прибор и колба, надетая на цветок, нисколько не вредят растению. Через день-другой прибор отсоединят, капсулы с ароматами увезут в исследовательский центр, а цветок продолжит свою жизнь

Дайте бабушке валерьянку!

Ну вот, запахло валерьянкой. Наверное, бабушка накапала себе порцию перед сном (количество капель — по числу лет), чтобы лучше спалось. Очень грамотное решение! Настойка валерианы действительно отгоняет бессонницу и снимает нервное возбуждение после общения с непоседливыми и пытливыми внуками. А для нас с вами эта настойка — ещё один химический подарок природы.

Растения одаривают нас не только целлюлозой и душистыми веществами, но ещё и лекарствами. Валериана лекарственная — типичный тому пример. Самое замечательное в этом растении, которое вымахивает до полутора метров в высоту, это запах, который ни с чем не спутаешь, — пахнет аптекой. Больше всего пахнут не стебли и листочки (а цветки и вовсе не пахнут), а корни этого растения. Из них-то и извлекают ценные лекарственные вещества.

Их там — целый букет. И поди разбери, которое из них

главное. Боюсь, что и сейчас химики и фармацевты не дадут точного ответа на этот вопрос, хотя о лечебных свойствах валерианы знали ещё древние греки две с половиной тысячи лет назад. Они называли её средством, способным управлять мыслями. В нашей стране сбор валерианы в промышленном масштабе начался триста лет назад, ещё при Петре Первом. Сделать целебную настойку нетрудно, лекарственные вещества сами выходят из корней, если их выдерживать в воде или спирте.

Ну вот, теперь кошка забегала, как ненормальная, валерьянку учуяла. Кстати, ещё одна удивительная загадка: почему кошки так любят валерьянку — от её запаха просто наизнанку выворачиваются, глазки мечтательно закатывают и мяукают как-то загадочно. Наверное, поэтому у валерианы лекарственной есть ещё одно название — «кошачий маун». Да, вещество — это страшная сила.

Валериана — лишь один представитель огромного сообщества лекарственных растений, которое насчитывает сотни видов. Ромашка, календула, пустырник, тысячелистник, череда... В каждом доме в аптечке обязательно найдутся пакетики с лечебными травами, отварами которых можно и горло полоскать, и выпить их при надобности, и примочки сделать. В медицине даже сформировалось целое направление — фитотерапия, то есть лечение травами. Хотя фитотерапия, конечно, гораздо старше той привычной медицины, которой мы сейчас пользуемся. Ведь в давние времена люди лечились только травами, таблеток не было.

Впрочем, ценность растений не заканчивается на их целебных свойствах. Из растений мы можем взять и многое другое. Например, из свеклы мы умеем выделять чистый сахар, из кукурузы и картошки — крахмал. Не говоря уже о том, что мы растения едим, поглощая вместе с ними вещества, так необходимые нашему организму для жизни, — витамины, углеводы, разные соли и микроэлементы. Вот уж поистине бесценный химический дар. Но кажется, я забыла об ещё одной составляющей этого богатства. Немедленно исправляю свою оплошность.

Вот так выглядит валериана лекарственная. Главные целебные вещества у неё содержатся в корнях. Из них-то и делают валериановую настойку

Мантия римского патриция и протертые джинсы

Почему ваши джинсы такие синие, а мамина кофта такая красная? Потому что они покрашены специальными красками, скажете вы. Верно, только не красками, а красителями. Именно так называют вещества, которыми окрашивают волокна и материалы. Джинсы и кофта приобрели красивый яркий цвет благодаря современным красителям, которые научились делать химики. Но у каждого из них есть предки, рожденные природой. Ведь сначала человек нашел красители в природе и начал их с радостью использовать. А потом, потратив сотни лет, понял, как устроены их молекулы, и научился делать такие же и даже лучше в своих лабораториях и на заводах. В очередной раз химики

воспользовались подсказкой природы.

Вообще, чтобы получить любой цвет, достаточно лишь трех красителей — красного, синего и жёлтого. Смешивая их в разных пропорциях и сочетаниях, можно получить любой оттенок любого цвета. Вы и сами наверняка получали чистый зелёный цвет, проводя синим фломастером по бумаге, выкрашенной жёлтым фломастером.

Эти три главных красителя люди научились добывать из растений и животных в очень давние времена, тысячи лет назад. Наверное, для растений и животных это было не лучшим поворотом судьбы, но для человечества и химии такие находки стали вполне судьбоносными.

В давние времена на Востоке индиго, окрашивающее ткани в прекрасный синий цвет, было одной из самых дешёвых и распространённых красок. Добывали его из индигоферы красильной, которая в изобилии произрастала в Индии. Этот промысел существовал в Индии уже четыре тысячи лет назад. Потому в названии «индиго» звучит Индия, хотя это растение обитает и в Южной Азии, и в Китае, и в Японии, и во многих других странах.

И знаете, что интересно? Само растение — совершенно обычное, то есть зелёное, и цветочки у него розовые или фиолетовые, никаких следов синей краски не видно. А их и не должно быть, потому что в растении содержится не само индиго, а его предшественник, только половинка молекулы индиго. Но стоит этой половинке оказаться на воздухе, как начинается быстрое… Что? Правильно, окисление. Половинки соединяются, и получается синий краситель.

Вот как его делали в давние времена. Листья растений загружали в большие чаны или даже в ямы и заливали водой. Вещества из растений постепенно растворялись в воде, окислялись на воздухе, и в воде появлялись синие хлопья индиго, которые оседали на дно.

Синие и голубые джинсы шьют из специальной хлопчатобумажной ткани, нитки которой окрашены красителем индиго

Сегодня технология выглядит иначе, потому что ткани, в том числе и ту, из которой шьют джинсы, окрашивают синтетическими красителями. Их делают на заводе уже без помощи растений. Это стало возможным благодаря упорной и многолетней работе знаменитого немецкого химика Адольфа фон Байера. Он потратил восемнадцать лет, чтобы понять, как устроена молекула индиго. Это случилось в 1883 году. Но понадобилось ещё семь лет, чтобы создать промышленную технологию, позволяющую делать индиго на заводах, и ещё семь лет упорного труда и множество усовершенствований, чтобы, наконец, первая партия синтетического индиго увидела свет. Человечество не забыло о заслуге А. Байера — в 1905 году ему была присуждена Нобелевская премия по химии.

У индиго есть химический родственник, только красного цвета — пурпур. В давние времена пурпур добывали из морских моллюсков — улиток, которые обитают во всех европейских морях и называются багрянками красильными. И здесь, между

прочим, та же самая история. Само тельце моллюска вовсе не красное. Его размельчали в воде, полученным раствором пропитывали ткань, развешивали её на воздухе, и она приобретала пурпурный цвет. Почему так происходило, мы уже знаем — предшественник пурпура окислялся на воздухе и становился пурпуром.

Из десяти тысяч улиток можно было получить немногим более одного грамма красителя, поэтому ткани, окрашенные пурпуром, могли себе позволить только очень богатые люди. Пурпурная мантия или тога были признаком высочайшего положения в обществе, их носили разве что древнеримские патриции.

Там, где не было моллюсков, люди научились добывать красную краску из растений и даже насекомых. Видимо, природа любит красный цвет. Известный с древности краситель крапп добывали из корней марены красильной. Это такой невысокий кустарничек с метёлками неярких цветков. Ради яркой и стойкой краски её разводили когда-то почти во всех государствах Европы и Азии. А ещё люди научились делать на основе краппа краску практически любого цвета — коричневого, черного, фиолетового, оранжевого или жёлтого, как канарейка, добавляя к нему различные измельчённые минералы.

Тайну этого красителя удалось разгадать в 1826 году французским химикам П. Робике и Ж. Колену. Они выделили в чистом виде и описали свойства основного красящего вещества, названного ализарином. Однако синтетический ализарин удалось получить лишь спустя сорок три года. Сегодня на основе синтетического ализарина делают и другие, более сложные красители. Так что марене красильной теперь уже ничего не угрожает. Впрочем, не совсем так. Природный крапп в наши дни по-прежнему добывают в некоторых странах Азии. Им красят нитки для ковров. Говорят, что эта краска не выцветает столетиями.

А вот ещё один природный источник красного красителя — насекомое кошениль, которое живёт на кактусах. Древние ацтеки и майя — народы, обитавшие в Центральной Америке, — собирали этих насекомых, убивали их водяным паром или нагреванием, а потом размалывали. В порошке, который получался, содержалось до 10% красящего вещества — карминовой кислоты. Она окрашивает шёлк и шерсть в ярко-красный цвет.

А что же жёлтый краситель? У него тоже есть чудесный природный источник — растение крокус. Оно наверняка хорошо вам знакомо, ведь крокусы одними из первых расцветают весной

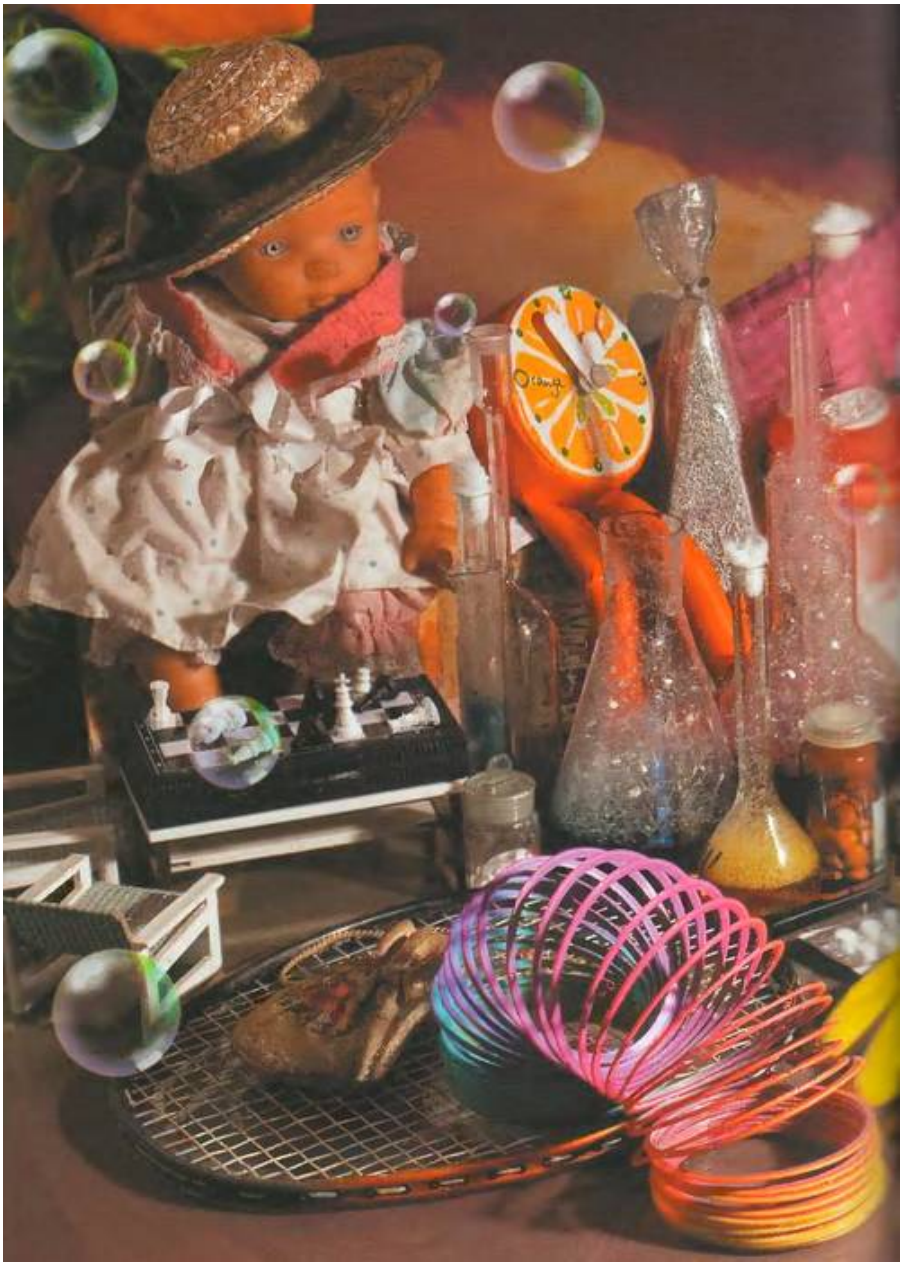
на дачной клумбе, радуя маму и бабушку. Но всё же самое ценное в них — это так называемые рыльца в цветке. Их собирают, перемалывают и получают порошок под названием «шафран», который где только не используют — и как приправу, и как краситель для теста, сыров, масла, кондитерских изделий, и конечно же как краситель для ткани. Что же в шафране такого красящего? А это вещества под названием «каротиноиды». Они, кстати, есть и в морковке. Попробуйте натереть большую морковку на тёрке, а потом посмотрите на свои руки — они станут жёлтыми.

К счастью, время природных красителей позади. Живые существа, содержащие столь привлекательные красящие вещества, теперь почти что в безопасности. Ведь химики научились их делать сами. Правда, для этого потребовались сотни лет, пока развилась наука химия, пока появились химики, реактивы и лаборатории. Зато сегодня на химических заводах производят более полутора тысяч синтетических красителей на все случаи жизни и для любых тканей.

Жёлтый краситель шафран с давних времен извлекают из жёлтых сердцевинок вот таких красивых и нежных цветов —

крокусов, или первоцветов. Для того чтобы собрать полкило шафрана, нужно плотно засадить крокусами целое футбольное поле

Глава 6. Хвала синтезу!



Охота за веществом

Природа — величайший творец, которому пока нет равных. Она создала самое необыкновенное вещество — воду, благодаря которой появилась жизнь. Она создала мир запахов, красок и удивительных природных материалов, без которых невозможно представить этот мир. Природа ничего не делает зря. Всё, что она создаёт, необходимо для жизни. А значит — может быть полезно людям. Химики учатся у природы, стараются открыть её секреты и не только повторить, но даже и превзойти своего учителя. И это потрясающе интересно, хотя и непросто.

С чего начинается работа химика, как, впрочем, и любого другого исследователя? С вопроса. «Почему лепестки этого цветка красные?» — спрашивает себя химик и придумывает, как ответить на этот вопрос. То есть придумывает схему эксперимента. Первое, что надо сделать, — это выделить из лепестков то самое вещество, которое окрашивает цветок в красный цвет. И эта задача сама по себе невероятно сложна. Ведь в цветке содержится тысяча разных веществ! А надо выделить всего одно, а может быть, несколько.

К каким только ухищрениям не прибегают химики! Измельчают лепестки, а потом из получившейся массы вытягивают вещества, растворяя их в воде, а чаще — в каких-нибудь других веществах-растворителях, например в спирте или бензоле. Если раствор получился красный, значит, в него наверняка перешли красящие вещества, за которыми мы охотимся.

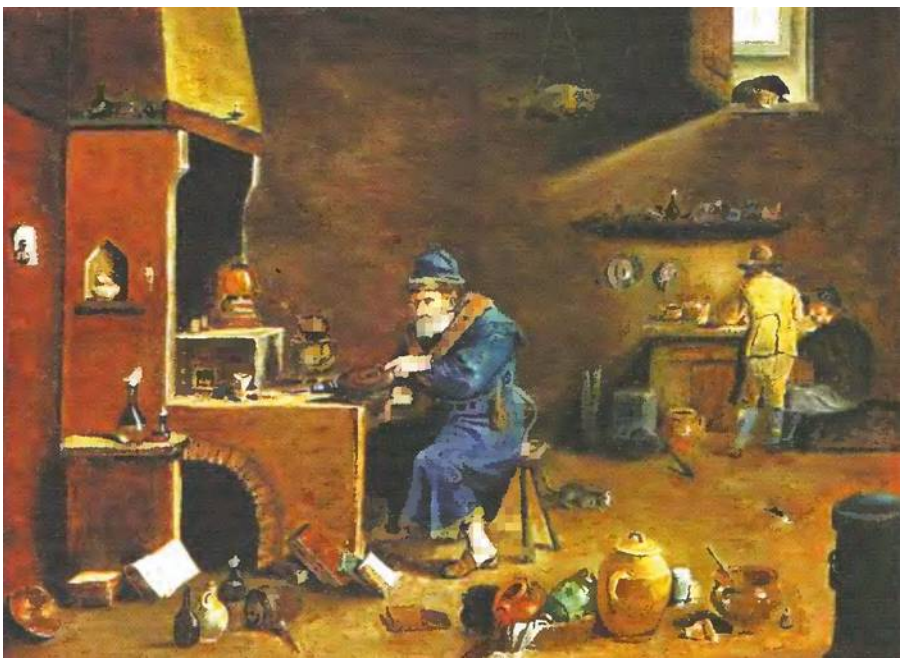
Но теперь вещества надо извлечь из раствора. И не просто извлечь, а очистить их, чтобы в руках оказалось совершенно чистое, индивидуальное соединение. Здесь химики чего только не делают! Фильтруют, выпаривают, растворяют остаток в горячем растворителе и вновь осаждают при охлаждении (химики называют этот перекристаллизацией), разделяют вещества на специальных приборах, называемых хроматографами, и многое-многое другое.

Наконец, тёмно-вишневые кристаллики неизвестного вещества у нас в руках. Хотя, это может быть и густая бордовая жидкость. А знаете, как проще всего убедиться в том, что это чистое вещество, а не смесь? Вот вам подсказка.

У каждого вещества, как и у людей, есть свои индивидуальные свойства. Мы отличаемся друг от друга неповторимым узором ушной раковины, рисунком радужной оболочки глаза или узором кожи на кончиках пальцев и на ладонях. Недаром криминалисты так любят отпечатки пальцев. Какие же индивидуальные черты есть у вещества? Например — температура плавления или кипения, измеренная с высокой

точностью. Вода, например, кипит ровно при 100 градусах, а спирт — при 78,4 градуса, лёд плавится ровно при нуле градусов, а стеариновая кислота, из которой в основном состоят свечи, при 69,6 градуса.

Химики используют эту подсказку. Если полученное ими вещество — жидкость, то они наливают её в специальный стеклянный сосуд, называемый колбой, вставляют в неё термометр и начинают медленно нагревать, внимательно следя за жидкостью и температурой. Столбик термометра ползет вверх, но с жидкостью до поры до времени ничего не происходит.



На картине Чарльза Мейера Уэбба хорошо видны детали древней химической лаборатории. И хотя инструменты в то время были не бог весть какие, первые попытки экспериментально исследовать вещество заложили начала современной химии

А вот так выглядит современная химическая лаборатория, напичканная самым разным оборудованием. С таким арсеналом химики сегодня тратят гораздо меньше времени на исследование и синтез вещества, чем их древние коллеги

И вот она начинает кипеть, как вода в кастрюле, и постепенно испаряться. Но теперь уже со столбиком термометра ничего не происходит, он стоит как вкопанный на отметке, которая равна температуре кипения жидкости. И если вся жидкость в колбе испарится при этой температуре, значит, у нас было одно-единственное вещество без всяких примесей.

Допустим, мы убедилось, что полученное вещество чистое. Но как оно устроено? Из каких атомов собраны его молекулы и какова их структура? Чтобы ответить на этот вопрос, в прежние времена химики подвергали вещество самым разным испытаниям. Смотрели, в чём оно растворяется, а в чём нет, при какой температуре плавится и кипит, проводит ли ток и притягивается ли магнитом, как взаимодействует с другими веществами и что при этом получается. Сотни экспериментов, десятки реакций и годы работы, чтобы понять структуру молекулы одного-единственного вещества. Не забыли, что на разгадывание, как устроена молекула индиго, Адольф Байер потратил 18 лет? Так вот это далеко от рекорда. На то, чтобы выделить витамин B12 и расшифровать структуру его молекулы, понадобилось 36 лет. Но результат стоил потраченных усилий.

Ведь этот витамин очень важен для работы нашего мозга, без него он отказывается понимать умные книги. Кстати, Дороти Ходжкин, которая поняла, как устроена молекула витамина B12, была удостоена за это Нобелевской премии по химии.

Ещё один пример. Великий английский учёный Майкл Фарадей первым выделил и описал знаменитое вещество бензол. Это случилось в 1825 году. Но лишь через 40 лет немецкий химик Фридрих Август Кекуле догадался, как устроена его молекула. А ведь на первый взгляд — ничего сложного, молекула бензола состоит всего из двенадцати атомов, шести атомов углерода и шести атомов водорода.

Сегодня расшифровка структуры неизвестного вещества занимает гораздо меньше времени. Нынешнему химику, пожелавшему установить формулу индиго, не придётся тратить 18 лет, как А. Байеру. Теперь в его распоряжении есть множество самых разных хитроумных приборов, которые помогут быстро решить задачу. Перемещаясь от одного прибора к другому, исследователь для начала установит, что в состав молекулы индиго входят шестнадцать атомов углерода, десять атомов водорода, два — азота и два — кислорода. А затем выяснит, какой узор выложен из этих атомов, в какой последовательности они соединены между собой. И потратит на это не больше недели.

Здорово? Быстро? Да. Вот только этот выигрыш во времени получился за счёт... химии. Ведь в такого рода исследованиях ценность представляет не только конечный результат, но и путь, который прошел учёный.

Адольф Байер, пока бился над структурой индиго, попутно установил строение десятков новых веществ и придумал множество новых реакций, которыми сегодня пользуются все химики. Неудивительно, что он получил Нобелевскую премию по химии — её дают за большой труд.

Играем в шахматы с природой

Вам когда-нибудь приходилось разбирать старый механический будильник на части? Наверняка вы это делали. Интересно же знать, почему ходят стрелки, почему он тикает и звенит. И вообще — как он устроен внутри. Оказывается, сколько же в нем самых разных винтиков, шестерёнок, осей! Даже есть крошечный молоточек, который бьёт по звонкому куполу, когда вы поставили будильник на определённое время, чтобы он разбудил вас.

А удавалось ли вам когда-нибудь решить обратную задачу — собрать из этих деталей тот самый будильник, который вы только что распотрошили? И чтобы при этом ещё и стрелки двигались? Готова поспорить, что нет, если только вам не помогал папа. Потому что разбирать на части гораздо проще, чем собирать. Хоть будильник, хоть дом, хоть молекулу.

Первая мысль, которая приходит в голову любому настоящему химику, только что установившему структуру молекулы неизвестного вещества, очень проста — как её сделать самому? Как повторить природу? Собрать нужное количество разных атомов в колбе и хорошенько встряхнуть, чтобы получилось желаемое вещество, не получится — атомы не существуют сами по себе, они всегда связаны с другими, они живут внутри молекул разнообразных соединений. Значит, надо брать разные вещества и заставлять их взаимодействовать друг с другом. Затем получившееся вещество запускать в реакции с другими. И так, шаг за шагом, приближаться к цели. Ведь мы должны получить вполне определённую молекулу со своим неповторимым узором, где каждый атом стоит на заданном месте в окружении других, строго определённых атомов. Мы должны собрать будильник, который будет работать.

Получение желаемого вещества из других, имеющихся в нашем распоряжении, называют синтезом. Знаменитый американский химик, нобелевский лауреат по химии Роберт Вудворд сравнивал это увлекательное занятие с игрой в шахматы с природой. Химик делает свой ход — проводит реакцию между двумя веществами. Природа отвечает ему, выдавая продукт реакции, порой неожиданный. Химик шевелит мозгами и делает следующий ход — запускает только что полученное вещество в новую реакцию. Природа отвечает… Эта шахматная партия может длиться годами. Случается, она заходит в тупик — химик получает мат. И всё приходится начинать сначала. И снова — десятки и сотни ходов, пока не будет найден кратчайший путь получения того заветного вещества, ради которого и разыгрывалась партия.

В случае с ализарином «партия» длилась 43 года и завершилась в 1869 году. Уже через два года заводы начали производить этот знаменитый красный краситель. Роберт Вудворд приступил к синтезу витамина B12 с очень сложной, большой молекулой в начале 1960-х годов и бился над ним одиннадцать лет, притом что в работе ему помогали швейцарский коллега Альберт Эшенмозер и около ста студентов и аспирантов Гарвардского университета. Оказалось, что кратчайший путь к витамину B12 включает сто различных последовательных

реакций! А синтез хлорофилла, того самого вещества, которое окрашивает листья и траву в зелёный цвет, потребовал четырёх лет и включал в себя около сорока последовательных реакций.

Случается и так, что химик задумывает одно, а получает совсем другое — так диктуют законы природы и непредвиденные обстоятельства. В 1856 году восемнадцатилетний англичанин Уильям Генри Перкин решил из каменноугольной смолы синтезировать природное вещество хинин. Оно содержится в коре хинного дерева. Если жевать эту кору, то можно излечиться от малярии. Деревьев на всех не напасёшься, поэтому нужно было придумать, как сделать это вещество в обход природы, из подручных веществ. Перкин экспериментировал в домашней лаборатории. Он уже спланировал последовательность своих действий, то есть схему синтеза, как скажут химики. Но тут вмешался случай.

Исходные вещества, которые использовал молодой студент, были не очень чистыми, в них содержалось некоторое количество постороннего вещества — анилина. И реакция пошла так, как сочла нужным природа, — вместо желанного хинина неожиданно получилось вещество красивого фиолетового цвета, доселе неизвестное. Перкин назвал его мовеином. Это был первый синтетический краситель, которого нет в природе.

Перкин сумел по-хозяйски распорядиться своим открытием. Уже через год заработала его фабрика, производящая мовеин, и он стал богатым человеком. К чести Перкина, он не забросил после этого занятия наукой, а принялся за исследования с удвоенной энергией. И передал свою любовь к химии сыну, тоже Уильяму Генри Перкину, которого, чтобы не путать с отцом, называют младшим. Тот тоже стал известным химиком.

А хинин, кстати, удалось синтезировать лишь в 1944 году, спустя 88 лет после задумки Уильяма Генри Перкина-старшего. Как вы думаете, кто это сделал? Роберт Вудворд! Вот уж кто был великим синтетиком.

Химия как искусство

Большинство молекул природных веществ, за которыми химики неустанно охотятся, удивительно красивы. Структурные формулы их молекул похожи на изысканные кружева. Синтез такого вещества — это акт творения, сравнимый с созданием шедевров живописи, скульптуры и архитектуры. Подобно художнику, накладывающему на полотно мазок за мазком,

химики по законам природы строят молекулы, шаг за шагом складывая кружевной узор. Поэтому химию часто сравнивают с искусством. Вот что по этому поводу говорит лауреат Нобелевской премии по химии Роальд Хоффман: «Создание молекул сближает химию с искусством. Мы собственноручно творим те объекты, которые потом воспринимаем и изучаем. В точности то же самое делают писатели, художники и композиторы. По существу, именно этим химики отличаются от любых других учёных».

У каждого шедевра, например, в живописи и скульптуре, есть автор — Леонардо да Винчи, Микеланджело Буонарроти, Марк Антокольский, Диего Веласкес, Валентин Серов, Эдуар Мане, Василий Кандинский и многие другие. В химии то же самое. Только здесь имена создателей присваивают реакциям — тем самым маленьким актам творения, которые позволяют построить тот или иной фрагмент молекулы или получить нужное вещество. Именных реакций — сотни. Реакция Арбузова, Гриньяра, Фаворского, Гофмана, Бутлерова, Кучерова, Несмеянова, Вёлера, Байера, Виттига... Бывает, что одному химику принадлежит несколько именных реакций. Например, у Адольфа Байера их аж восемь, а у Эмиля Фишера — девять!

Природа умеет создавать для своих нужд самые разные волокна. Например — белковые, которые производит паук и плетёт из них паутину

Химики очень дорожат такой славой. И знаете почему? Имя создателя закрепляется за реакцией стихийно, безо всякой официальной процедуры. То есть авторство признают коллеги-химики по всему миру. А коллеги, они же соперники, в таких делах весьма взыскательны и никогда не подарят бессмертие тому, кто его не заслуживает.

Счастлив тот химик, которому удалось раскрыть тайны природы и расшифровать формулу природного вещества. Ещё более счастлив тот, кто смог синтезировать это вещество в лаборатории из подручных реактивов и попутно открыть именную реакцию. Ведь благодаря его труду мы можем не тревожить природу, не брать у неё лекарства, красители, витамины и волокна, а делать их сами. Но безмерно счастлив тот, кто сумел синтезировать вещество, которого нет в природе, но которое так нужно людям. Благодаря таким исследователям химики и технологи создают параллельный мир, так похожий и так не похожий на природу. Об этом — наш дальнейший рассказ.

Инспекция в шкафу

Параллельный мир начинается в шкафу, где хранится одежда. Давайте-ка в него заглянем и изучим этикетки, которые торчат из швов с изнаночной стороны рубашек, брюк, кофточек и платьев. Ну и что вы разглядели? Что там написано? Наверняка, вам попались слова «хлопок», «лён», «шерсть», «шёлк», «вискоза», «полиамид», «полиэфир» (ПЭ), «полиакрилонитрил» (ПАН), микрофибра и другие мудрёные названия. Так называют волокна, из которых сделаны ткань или трикотаж.

С хлопком всё понятно. Вы ведь наверняка знаете, что есть такое растение хлопчатник, которое любит солнце и тепло и потому растёт в южных странах. Его плоды напоминают коробочки, именно так они и называются. Когда плоды созревают, коробочки раскрываются и становятся видны семена, окружённые пушистым клубком белого волокна, похожего на вату. Оно состоит из природного вещества с названием «целлюлоза», да-да, того самого, из которого сложены стволы и ветви деревьев.

А хлопчатник изготавливает белые пушистые волокна из чистейшей целлюлозы. Их мы называем хлопком

Похожие белковые волокна прядёт гусеница тутового шелкопряда и строит из него вокруг себя кокон. Эти волокна мы называем шёлком

Напомню, что молекулы целлюлозы похожи на длинные ажурные нити, состоящие из повторяющихся фрагментов, как нитка бус с одинаковыми бусинками. «Бусинок» в молекуле целлюлозы может быть очень много, от трёх-четырёх сотен до десяти тысяч. Такие длинные молекулы с повторяющимися звеньями химики называют полимерами.

Итак, коробочки с хлопком собирают, волокно вынимают, очищают от семян, мнут, расчёсывают и прядут из него тонкие мягкие нити. А потом из этих нитей ткут ткани, которые нередко раскрашивают в разные цвета (спасибо химикам за красители!). В прежние времена нити из хлопка пряли на самодельных прялках и ткани тоже ткали вручную на маленьких станках — утомительно и долго. Первые прядильные и ткацкие машины появились в Англии сравнительно недавно, немногим более 200 лет назад. И вот тогда стало возможным делать много хлопковой ткани, цена на неё упала, и её смогли покупать люди с разным достатком. Из хлопковых тканей можно сделать что угодно — хоть рубашки и блузки, хоть ночные сорочки и трусы, хоть постельное бельё и полотенца. Этот чудесный природный материал приятен телу. Вот поэтому мама и бабушка предпочитают кофточки из хлопка. Да и папа любит хлопковые рубашки.

Лён — это тоже понятно. Возможно, вы даже видели это симпатичное растение с мелкими синими цветочками. Когда оно цветёт, поля льна становятся похожими на сине-зелёную морскую гладь, по которой ветер гоняет волны. Стебли льна собирают, замачивают в воде и треплют, чтобы отделить связки волокон от коры. А дальше — как и с хлопком — прядут льняные нити, а из них делают ткани, которые очень ценятся во всём мире. Состав льняных волокон тот же, что и у хлопка. Только молекулы целлюлозы у льна длиннее и сплетаются в более толстые волокна, поэтому льняная ткань прочнее хлопковой и лучше впитывает влагу. Из льна всегда получались самые прочные канаты и лучшие полотенца в мире.

Ещё один кладезь природных целлюлозных волокон — лён, голубые поля которого похожи на море

Природные волокна, из которых можно делать ткани и одежду, мы берём не только у растений. Животные тоже мастера по этой части. Остриг барана, отмыл шерсть, расчесал, и пряди нити, сколько хочешь. А уж из шерстяных нитей можно связать всё, что угодно, — шапочки и варежки, носки и шарфики, свитера и рейтузы, пончо и палантины. Можно даже сделать красивую шерстяную ткань для мужского костюма.

А из чего сделана шерсть? Тоже из целлюлозы? — спросите вы. Нет, животные, в отличие от растений, производят другой строительный и защитный материал — белки. Это тоже длинные, гибкие молекулы. Но если целлюлозные молекулярные нити сложены из одинаковых фрагментов, то белковые нити сконструированы из двадцати разных «бусинок», которые называют аминокислотами. Они могут чередоваться в разной последовательности, их может быть разное количество. Представляете, сколько комбинаций аминокислот можно составить? Много! Бесконечно много! Вот почему мир белков невероятно богат и разнообразен. И вот почему шерсть бывает разная: у овцы — одна, у козы — другая. Да и овцы бывают разные: сегодня на пастбищах по всему миру гуляют более двухсот видов овец, выведенных учёными.

Между прочим, шёлк — это тоже белковое волокно. Только производит его червячок по имени тутовый шелкопряд. Он питается листьями тутового дерева, поэтому выращивать его

можно лишь в тёплых странах, где такие деревья растут. Природа так придумала, что червяки шелкопряда должны превращаться в куколку, из которой вылупляется бабочка. Потом бабочка отложит яйца, из них вылупятся червячки, и все начнётся сначала.

Подросшие и сытые червяки в нужное время начинают плести кокон. Они выдавливают из себя тончайшую белковую нить (подобно паукам, которые из этой нити плетут паутину) и опутываются ею от хвостика до головы. Длина этой нити может доходить до километра! В результате червячки оказываются внутри цельного, плотного, белого кокона, похожего на маленькое и очень лёгкое яйцо или футляр для киндерсюрприза. Червячки работают быстро — через два-три дня кокон готов. Но, говорят, в этой работе им мешает шум. Поэтому люди, выращивающие тутового шелкопряда, ходят едва ли не на цыпочках, когда червячки возводят вокруг себя домики без окон и дверей.

Согласно легенде, китайская императрица Хен-Линг-Чи нечаянно уронила кокон в чашку с горячим чаем и увидела, как он распушился и от него отделились шёлковые нити. Случилось это четыре с половиной тысячи лет назад. С тех пор разматыванием коконов, размягчённых в горячей воде, занимаются во многих странах мира. Из получающейся тончайшей нити ткут восхитительные, лёгкие, красивые ткани.

Да, эти природные волокна, которыми с нами делится природа, хороши, нет слов. Но где же взять столько хлопка, льна, баранов с козами и тутового шелкопряда, чтобы одеть каждого жителя планеты в одежду из природных волокон? Ведь нас уже больше шести миллиардов.

Вискоза, или Чем заменить хлопок и шёлк

Когда возникает проблема такого рода, на помощь зовут химиков. И правильно. Ведь «наука должна служить для пользы народной». Так говорил великий русский учёный Дмитрий Иванович Менделеев.

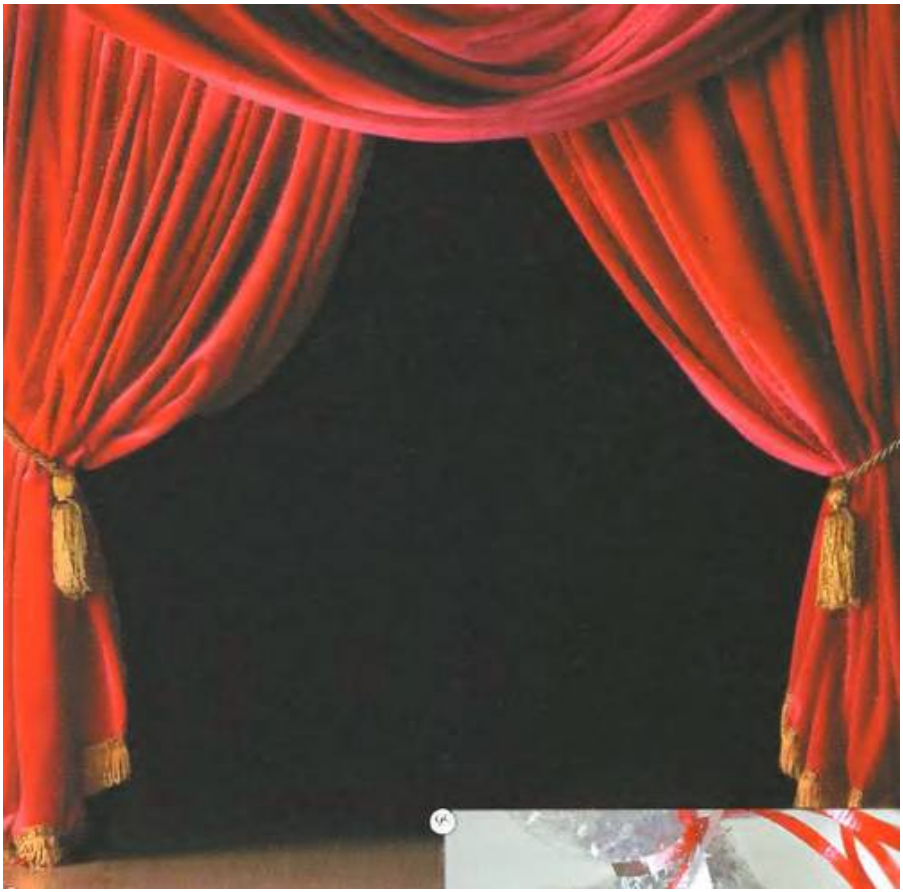
Итак, нужны волокна для одежды. Такие же, как природные, или похожие на них. Где их взять? Или как их сделать? Видимо, химики 170 лет назад рассуждали так. Раз мы берём растительные волокна из хлопка и льна, то наверняка такие же волокна есть и в деревьях, из древесины которых делают бумагу. Тогда ещё химики не знали о полимерах, но уже умели получать

целлюлозу, вываривая древесину и отделяя целлюлозу от других веществ, содержащихся в стволах и ветках деревьев.

В 1832 году французский химик Анри Браконно обнаружил, что если древесную целлюлозу обработать азотной кислотой, то получатся волокна, которые сгорают в мгновение ока. Так появился на свет искусственный материал нитроцеллюлоза, или нитроклетчатка. Через сорок лет его начали производить на многих заводах.

Лучшую нитроцеллюлозу получали все же из хлопка, именно её использовали в качестве бездымного пороха, потеснившего классический, известный ещё с тринадцатого века чёрный порох — смесь угля, серы и селитры Нитроцеллюлоза из древесины тоже нашла своё применение — из неё делали материал целлулоид, из которого, в свою очередь, изготавливали фотоплёнку и шарики для настольного тенниса. Говорят, что и теперь самые лучшие шарики для этой игры — из целлулоида.

А химики продолжали экспериментировать с целлюлозой. В 1889 году французский учёный Гильер де Шардоне сделал из неё первое искусственное волокно. Он растворил целлюлозу в смеси специальных химических веществ и получил вязкую массу, похожую на сгущённое молоко или на клей. А затем он продавил эту массу через очень маленькую дырочку. Тонкая струйка падала в ванну, наполненную кислотой, и под её действием превращалась в гибкую, твёрдую, блестящую нить. Это волокно назвали вискозой, произведя имя от латинского слова, означающего клей или вязкий. А ещё де Шардоне сделал из нитей вискозы первую искусственную ткань, названную искусственным шёлком. Спустя восемь лет вискозное волокно начали производить на заводах в Англии.



Красный бархатный занавес тоже сделан из вискозы. Вообще, вискозное волокно, если его обрабатывать разными способами, может быть жестким и мягким, блестящим и матовым. Вот почему из вискозы сегодня делают такие разные ткани

Прозрачный и шуршащий целлофан, в который заворачивают цветы и конфетки, — это вискоза, первое искусственное волокно, которое химики научились делать из древесины

Можно сказать, что синтез вискозы подтвердил блестящее предположение знаменитого английского физика Роберта Гука, которое он высказал более чем за двести лет до создания этого первого искусственного волокна. В 1655 году он опубликовал трактат, в котором сделал вот такое заявление: «Возможно, по-видимому, найти пути искусственно получать клейкую массу, аналогично тому, как она образуется у шелковичного червя, или даже ещё лучше. Если такая масса будет найдена, то, по-видимому, более лёгкой задачей будет найти путь вытягивания этой массы в тонкие нити. Я не буду указывать на пользу этого

изобретения — она совершенно очевидна...»

Как вы думаете, что общего между бархатом, шуршащей, прозрачной бумагой, в которую заворачивают цветы, и кирзовыми сапогами? И то, и другое, и третье сделано из вискозы. Она может притвориться тончайшим и лёгким хлопком, а может — блестящим шёлком. Из неё получаются великолепные атласные и бархатные ткани. А если вязкий раствор продавливать не через круглое отверстие, а через длинную узкую щель, то получится плёнка — целлофан, наряд для красивых букетов. Сегодня под именем «вискоза» скрывается множество разных волокон. Ведь химики умеют добавлять в исходную массу всякие компоненты, чтобы получить материал с нужными свойствами. Но всех их роднит одно — вискозные волокна по своему строению близки к природной целлюлозе. Только природное волокно ворсистое и неровное, а вискозная нить — гладкая, блестящая и полупрозрачная.

Конечно, людям очень понравилось это волокно. Его имя мы до сих пор встречаем на этикетках, прикреплённых к одежде. Не говоря уже о том, что для его производства требовалось бросовое сырьё — опилки, отходы от обработки древесины и изготовления бумаги. Но вот что интересно. Химики долгое время работали с веществом, не зная, как оно устроено! Его химическую структуру определили лишь в 1934 году, когда заводы и фабрики уже много лет производили миллионы километров вискозной нити и тканей из неё. Потому что о том, что такое полимеры, в том числе и природные, мир узнал совсем недавно, по историческим меркам, чуть меньше ста лет назад. И это отдельная история, о которой стоит рассказать.

Одуванчик и автомобиль

Что общего у одуванчика и автомобиля? И тех, и других очень много, скажете вы. Но такой ответ не принимается, потому что, в отличие от автомобилей, одуванчики никто никогда не пересчитывал, да и вряд ли это возможно. Тогда что же? Можно, конечно, спросить папу, но как раз сейчас он подкачивает спустившееся колесо своего автомобиля во дворе. Хотя это и есть ответ на наш вопрос — колесо! Точнее, вещество, из которого сделана его оболочка.

Из чего же сделана шина автомобильного колеса и защищающая её покрышка? Из резины, скажете вы. А из чего сделана резина? Из очень интересного вещества, имя которого —

каучук.

Впервые о каучуке узнали американские индейцы сотни лет назад. Колумб вернулся домой, в Испанию, из открытой им в 1492 году Америки не с пустыми руками. Он привез с собой множество всяких неизвестных «сокровищ». Говорят, что среди них был эластичный мяч, сделанный из древесной смолы, который высоко отскакивал от земли. Такие мячи индейцы делали из сока бразильской гевеи — вечнозелёного дерева, произраставшего на берегах Амазонки. Этот сок назывался «каучу» — «слёзы млечного дерева» по-индейски. А испанцы назвали его латексом, что означает сок по латыни, а вещество, содержащееся в латексе, — каучуком.

Получали каучук просто. На дереве делали надрез, и из него начинал сочиться белый сок (латекс), похожий на молоко, который собирали в разные плошки. Кстати, сходство с молоком здесь не только внешнее. Как и молоко, латекс представляет собой водную эмульсию. Так химики называют смесь воды *с* веществом, которое в ней не растворяется и плавает в виде мельчайших шариков. Поэтому смесь такая белая, а не прозрачная. В молоке это шарики жира и белков, в латексе — каучука.

Белый густой сок, стекающий из надреза на дереве гевеи, химики называют латексом. Именно из него извлекают натуральный каучук, из которого в свою очередь делают резину для воздушных шариков и покрышек

Если капельку латекса рассмотреть под микроскопом, то можно увидеть малюсенькие частицы размером от одного до пяти микрон — в несколько десятков раз меньше, чем толщина вашего волоса. Они мечутся в разные стороны, как живые. Да-да, это то самое броуновское движение, о котором мы с вами уже говорили в первой главе.

В соке гевеи меньше половины приходится на долю каучука. Остальное — вода. Чтобы выделить латекс, индейцы поступали точно так же, как и мы с молоком, когда хотим получить из него творог. Если в настоящее деревенское молоко добавить немного

кислоты (лимонного сока, например), то молоко «свернётся». Дело в том, что из-за кислоты капельки жира и белков начнут слипаться, эмульсия — разрушаться, и на дно осядут белые слипшиеся крупинки — творог. Так и с латексом. Если в него добавить немного органических кислот, уксуса или того же лимонного сока, то он разделится на густой слой каучука и воду, которую можно просто слить. А можно нагревать латекс на медленном огне с тем же результатом. Только не забывать при этом постоянно перемешивать.

Из получившегося липкого каучука, который затвердевал на воздухе и темнел, но по-прежнему оставался эластичным и прыгучим, индейцы и делали свои знаменитые мячи, первые в мире галоши и сосуды для воды. Им пропитывали ткани, чтобы сделать их непромокаемыми. Европейцы обратили внимание на это удивительное вещество лишь в 1736 году, когда Французская академия наук занялась его исследованием. Тогда же начали придумывать, как его использовать.

В 1791 году англичанин Сэмюэль Пил взял патент на пропитку ткани каучуком, то есть запатентовал способ, которым давно пользовались индейцы. В 1823 году шотландец Чарльз Макинтош придумал другую непромокаемую одежду: между двумя полотнами ткани делали каучуковую прослойку и из полученного материала шили плащи. В честь изобретателя их назвали макинтошами, которые очень быстро вошли в моду.

И всё бы ничего, да вот только природный каучук оказался капризным. В холод — затвердевал и трескался, в жару становился липким и вонючим. Поэтому восторги по поводу новых материалов, содержащих каучук, быстро угасли. Может, мы и забыли бы навсегда об этом веществе, если бы не открытие американца Чарльза Нельсона Гудьира (часто его фамилию произносят как Гудиер). Он не сомневался, что из каучука можно сделать что-то полезное и хорошее, поэтому несколько лет возился с этим веществом. С чем он только его не смешивал! Говорят, что и с солью, и с перцем, пока, наконец, не добрался до серы. Оказалось, что если смешать каучук с серой и немного нагреть, то он превращается в твёрдый материал, который и в жару, и в холод сохраняет свою эластичность и упругость.

Так, в 1839 году на свет появилась резина. А процесс, который изобрёл Гудьир, назвали вулканизацией в честь Вулкана — древнеримского бога огня. Это было действительно изобретение века. Потому что быстро выяснилось, что резина нужна всем и везде. Соски для малышей и шланги для воды, резинки для белья и подтяжки, подмётки и сапоги, воздушные шары, транспортёрные конвейерные ленты, электроизоляция,

герметики и клеи, детали и прокладки для кранов и механизмов, которые установлены в автомобилях, тракторах, самолётах, кораблях... И конечно же шины и покрышки.

Первый патент на пневматическую велосипедную шину получил шотландец Джон Данлоп в 1888 году. А вскоре началась эра автомобилей. Первыми, кто стал использовать пневматические резиновые шины на автомобилях, были французы Андре и Эдуард Мишлен. Случилось это в 1895 году. Гудьир, Данлоп, Мишлен — фамилии этих изобретателей по сей день звучат в названиях крупнейших фирм-производителей «обуви» для транспортных средств.

Кстати, знаете, почему автомобильные шины чёрные? Потому что кроме серы, которая превращает вязкий и липкий каучук в твёрдую и упругую резину, в него добавляют ещё черную сажу, которая увеличивает прочность резины и делает её более долговечной.

А теперь представьте себе, сколько надо накачать латекса из бразильской гевеи, чтобы полученного из неё каучука хватило бы на все шины и покрышки в мире, не считая сосок и шапочек для бассейна. Даже если мы всю землю покроем плантациями гевеи (хотя она растет только в субтропиках), то и тогда нам не хватит каучука. Всё это было ясно уже сто лет назад. Поэтому химики решили найти замену природному каучуку, который можно было бы производить сотнями тысяч тонн и не зависеть от бразильской гевеи. Но для этого неплохо было бы выяснить, как устроена молекула этого природного вещества.

О том, что молекула каучука состоит только из атомов углерода и водорода, знал ещё Майкл Фарадей. Даже с помощью довольно примитивных методов, которыми пользовались химики в начале девятнадцатого века, он сделал первый химический анализ латекса и каучука, о чём и сообщил миру в научной статье в 1826 году. Но как устроена молекула? Как атомы водорода и углерода соединены между собой? Об этом догадался немецкий химик Герман Штаудингер по прошествии целого века, в 1922 году. После долгих исследований он пришел к выводу, что молекула каучука состоит из постоянно чередующихся одинаковых звеньев, число которых может составлять десятки тысяч. Она очень длинная, поэтому каучук такой гибкий и эластичный.

После открытия Штаудингера довольно быстро, в 1928 году, появилась первая промышленная технология изготовления синтетического каучука. Её придумал русский учёный Сергей Васильевич Лебедев. Первый рукотворный каучук синтезировали совсем не тем способом, которым пользовалась природа.

Исходным сырьём русским химикам служил обычный спирт, который в то время делали из разнообразного растительного сырья, например из картошки.

Первый в мире завод по производству синтетического каучука открылся в России в 1932 году. Немцы, испокон веков считавшиеся самыми искусными химиками, запустили своё производство четыре года спустя. С 1932 и до 1990 года наша страна производила этого вещества больше всех в мире. Сегодня почти всю резину, которая только подвернётся вам на глаза, изготавливают из синтетических каучуков. Они, конечно, сильно отличаются от того, что впервые сделал Лебедев. Теперь химики умеют делать десятки разных видов этого вещества с разными свойствами и для разных целей. И кстати, они создали точную копию природного каучука. Случилось это в 1950-х годах.

Мир по достоинству оценил заслуги Г. Штаудингера: в 1953 году ему вручили Нобелевскую премию по химии. А открытие полимеров и их исследования изменили внешний облик нашего мира, потому что человечество, поняв, что такое полимеры и какие выгоды они сулят, сделало на них ставку. Так цивилизация встала на полимерный путь развития.

«При чём же здесь одуванчики? Что у них общего с автомобилем?» — возмутитесь вы. Ах да, простите. Одуванчик, как и бразильская гевея, даёт белый млечный сок, стоит надломить его стебелёк. Так вот, в этом соке, если хорошо покопаться, можно найти крохи природного каучука. Вообще, на Земле обитает несколько сотен видов растений-каучуконосов. На Тянь-Шане растёт одуванчик кок-сагыз, сок которого содержит много каучука. Одно время его даже специально выращивали в России, на Украине и в Казахстане, засевали целые плантации, чтобы добывать каучук. Но вскоре стало понятно, что это пустая затея. Химическая промышленность научилась делать более дешёвый синтетический каучук, и делать много.

От полимеров некуда скрыться!

Открытие полимеров, этих длинных, почти бесконечных молекул из повторяющихся фрагментов, буквально перевернуло наше представление о мире. Оказалось, что самое главное в природе — это полимеры. Белки, из которых построено всё живое, — это полимеры. Причём их синтезом командует молекула ДНК, спрятанная в самом сердце каждой клеточки нашего организма. А молекула ДНК — это тоже полимер. Целлюлоза, из которой

построены остовы растений и их клеточные оболочки, — тоже природный полимер, и, пожалуй, самый распространённый. Синтез этого вещества, позволяющего расти траве, цветам и деревьям, идёт непрерывно. И объёмы этого природного производства куда больше, чем у промышленной химии.

Самый важный полимер, который умеет делать природа, — это молекула ДНК. В ней закодированы все инструкции, по которым работают клетки любого живого организма

Наверное, химики не ошиблись, когда начали строить параллельный природе мир из полимеров. И теперь от них просто некуда скрыться. Давайте заглянем на кухню или в ванную комнату. Тазики, плошки, контейнеры, бутылки, стаканчики, одноразовая посуда, пластмассовые электрические чайники, холодильник и микроволновка, линолеум и мебель, водонепроницаемые обои или водоэмульсионная краска — всё сделано из полимеров или содержит их. Я уж не говорю о том, что мы видели с вами в шкафу.

Когда химики поняли, как устроены полимеры, они сообразили, что главное теперь — научиться присоединять одинаковые молекулы друг к другу, пристраивая хвост одной к голове другой. И тогда они будут вытягиваться в длиннющие цепочки, эластичные, лёгкие и прочные. Но чтобы заставить молекулы выстраиваться в шеренги, намертво цепляясь друг за друга, надо было создать им подходящие условия. Да и не все молекулы годились для такого парада, их тоже надо было искать и отбирать. Этим и занялись химики в середине прошлого века. Их настойчивость быстро принесла щедрые плоды.

Человечество еще не успело оправиться от сенсационного открытия синтетического каучука, как химики подбросили ему следующее рукотворное чудо — синтетический полимер по имени найлон. Его получил в 1935 году американский химик Уоллес Карозерс. К этому времени он уже несколько лет работал в исследовательской лаборатории компании «Дюпон». Ради этой исследовательской работы Карозерс отказался от блестящей карьеры преподавателя в Гарвардском университете. Он хотел полностью сосредоточиться на исследованиях. Лаборатория компании «Дюпон» была буквально напичкана самым современным на то время оборудованием. Но Карозерс понимал, что никакая, даже супероснащённая лаборатория, не может конкурировать с природой.

Поэтому надо искать обходные пути. Он искал и находил, даже когда другие отступались. Через четыре года после его изобретения компания «Дюпон» пустила первый в мире завод по производству найлона.

Полимер, полученный Карозерсом, состоял из четырёх разновидностей атомов: углерода, водорода и, в меньших количествах, азота и кислорода. Нить из него получалась прочнее самой прочной, тонкой, блестящей, прозрачной, поэтому из найлона начали незамедлительно делать чулки (точнее, из разновидности найлона — капрона) и рубашки. Женщины сразу же выкинули из своих гардеробов фильдеперсовые хлопчатобумажные чулки и обрядились в тончайшие и

прозрачные капроновые, а мужчины — в найлоновые рубашки. Ради моды они даже готовы были мириться с тем, что найлоновая ткань плохо пропускала воздух, плохо поглощала влагу и потому была жаркой и душной.

Конечно, найлоновые волокна больше подходили для технических изделий, потому что были невероятно прочны. Из них и делали ткань для парашютов, корд для автомобильных покрышек и даже бронежилеты, состоящие из двух десятков слоёв найлоновой ткани. Но в судьбу найлона и других синтетических волокон вмешалась экономика. Синтетика легче конкурирующих с нею природных материалов. Из килограмма шерсти можно изготовить 4,25 квадратного метра ткани, из килограмма хлопка — 7,25, из килограмма вискозы — 9,5. А из килограмма найлона получается почти 15 квадратных метров ткани! И даже если поначалу само волокно было дороже природного, ткани из него получались дешевле.

Открытие Карозерса как будто прорвало плотину. Новые полимеры стали сыпаться, как из рога изобилия. Как вы думаете, из чего сделана пластиковая бутылка, в которую наливают любимую вами кока-колу или любимую мною питьевую воду «Николинская»? Из полиэтилентерефталата. А еще из этого полимера можно вытягивать волокна, которые у нас называют лавсаном. Это слово сложилось из первых букв Лаборатории высокомолекулярных соединений Академии наук, где его создали в 1949 году.

То же самое волокно, изготовленное в других странах, и называется по-другому: в Великобритании — терилен, в США — дакрон, во Франции — тергал, в Германии — полиэстер. Хотя во всех случаях состав волокон одинаков. Молекулы лавсана сложены из трех разновидностей атомов — углерода, водорода и кислорода, чьи повторяющиеся комбинации выстроены в гигантские по длине цепочки. Вот и получается, что названий волокон больше, чем самих волокон, если говорить об их химической сути.

Сегодня полиэтилентерефталат — один из самых популярных полимеров в мире, каждый год его производят больше, чем весит всё население нашей страны. Из его волокон делают ткань для плащей и зонтов, тюль для занавесок и кружева, разный трикотаж. Этот полимер идёт на изготовление плёнок, упаковочного материала, бутылок, контейнеров, канатов, парусов, рыболовных сетей, щёток, струн для ракеток и застёжек «молния». Он хорош для изготовления хирургических нитей и протезов сердечных клапанов, сосудов, сухожилий и связок.

Боюсь, эти перечисления вас уже утомили. А ведь мы ещё и

словечком не обмолвились о кевларе, нить которого в десять раз прочнее стальной нити такого же веса. О лайкре и спандексе, которые умеют растягиваться, как резинка, и возвращаться к исходному размеру. О тефлоне, самом скользком полимере, из которого, например, получаются отличные покрытия для сковородок. А ведь есть ещё полимеры, из которых не тянут волокна, а просто используют для изготовления самых разных вещей и материалов, — полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, полиуретан, поликарбонат...

Нет, определённо пора остановиться. Мы и так уже поняли, что от полимеров действительно некуда деться. И всё благодаря химикам. Впрочем, разнообразные полимеры — не единственное, чем химики порадовали человечество. Есть не менее важные вещества, которые найдутся в каждом доме.

Мойдодыр

Вы уже догадались, что сейчас мы поговорим о мыле. Никто не знает, кто и когда придумал это удивительное вещество. Известно только, что появилось оно на свет раньше пороха и бумаги. Но тайна его рождения не раскрыта до сих пор. Есть разные версии. Кто-то полагает, что в перечне открытий человечества мыло стоит на следующем месте после шашлыка. И в этом есть логика. Жир, стекающий с мяса, падал на горячую золу в костре. Вещества, входящие в состав жира, реагировали с веществами, содержащимися в золе (её ещё называют щёлоком). А высокая температура только облегчала их взаимодействие. И получалось то, что мы сегодня называем мылом.

Правда, есть и другая гипотеза. У некоторых народов в давние времена, тысячелетия назад, было принято по праздничным дням смазывать волосы благовонными маслами, а в дни скорби — посыпать голову пеплом. И очень может быть, что однажды в праздничный день внезапно объявили траур. В результате на головах смешались масло и зола, которые вдруг запенились, когда обладатели голов решили их помыть. Это больше похоже на миф, чем на правду, но кто знает...

Как бы то ни было, но мы обрели это удивительное вещество, с которого начинается каждый день и каждая трапеза. Впрочем, так было не всегда. Давайте мысленно перенесёмся в Испанию или Францию на пятьсот лет назад. Тогда, в Средние века, вроде бы и мыло уже было известно. Но какая же вонь стояла в Европе! Люди не мылись месяцами. Испанская королева Изабелла Первая не стеснялась заявлять, что в своей жизни она мылась всего лишь два раза — когда родилась и когда выходила замуж. Страдая от неприятного запаха при дворе, французский король Людовик Четырнадцатый приказал придворным использовать крепко пахнущие духи, чтобы как-то перебить зловоние. С этого началась всемирная слава французских духов.

Возможно, неприятие мыла было отчасти связано с тем, что долгие века его варили из отходов переработки животных жиров. Поэтому мыло тех времен омерзительно пахло. Белое же мыло, похожее на нынешнее туалетное, впервые изготовили в Германии лишь в 1843 году — из белого сала с кокосовым маслом.

Так что же такое мыло как вещество? Молекула мыла — это образец компромисса и примирения. Ведь в ней сосуществуют две противоположности, тянущие её в разные стороны. Если представить молекулу гусеницей, то её голова будет всегда стремиться к воде, а всё остальное длинное тельце будет стараться её избежать. Такие «гусеницы» при попадании в воду поведут себя забавно: головы нырнут в воду, а тельца встанут вертикально над водой, как частокол.

Почему так получается? Свою голову «гусеницы» унаследовали от щёлока, который любит воду. А тельце досталось от жирных кислот, входящих в состав масла и жиров. Они воду терпеть не могут. В этом легко убедиться. Возьмите стакан с водой и капните туда немного подсолнечного масла. Убегая от ненавистной воды, оно соберется на её поверхности единым слоем — ведь оно легче воды. Теперь энергично разболтайте или перемешайте содержимое стакана. Масло разобьется на мельчайшие капельки, которые будут метаться в воде, но довольно быстро поднимутся к поверхности и сольются в один слой — дальше просто некуда бежать.

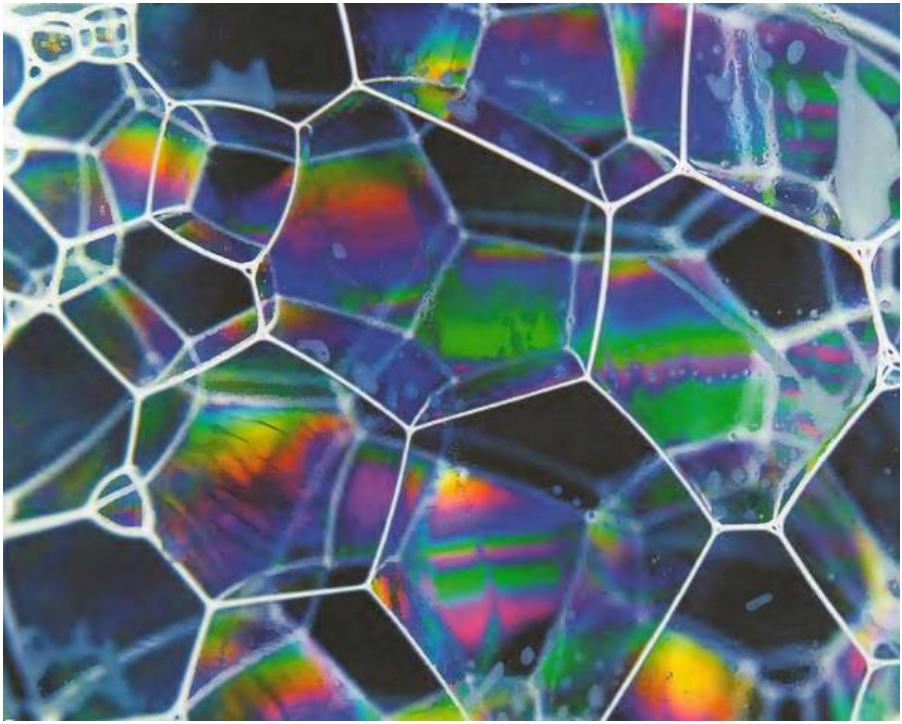
А теперь добавьте в этот стакан совсем немного мыла и перемешайте. Никакого слоя масла на поверхности не образуется. Дело в том, что на мельчайшие капельки жира набросились тысячи молекул мыла. Их длинные тельца впились в масляные капельки, а водолюбивые головы остались в воде. Поэтому капелька жира, окруженная сплошной шубой из молекул мыла, спокойно болтается в воде и не стремится подняться на поверхность. Такую смесь, когда капельки жира равномерно распределены в воде, учёные называют эмульсией. А вещества, которые удерживают капельки в толще воды, — поверхностно-активными веществами.

То же самое происходит, когда мы моем грязные и жирные руки. Молекулы мыла обволакивают частицы грязи и жира и тем самым растворяют их в воде. А вода уносит грязь в канализацию. Кстати, мыло удаляет не только видимую грязь. В цепкие объятия молекул мыла попадают даже невидимые глазом загрязнения, например бактерии и вирусы. Так что мойте руки с мылом перед едой!

Однако у этого чудесного вещества есть недостатки — оно перестает мылиться в жёсткой воде, о которой я уже немного рассказывала в предыдущей главе. Жёсткая вода содержит соли кальция и магния, они образуют с мылом нерастворимые соединения — вот мыло и перестаёт мылиться. Хотите убедиться? Попросите маму купить в аптеке сухую морскую соль. Растворите её в воде, а потом попробуйте в этой воде намылить руки — ничего не получится. Мыло не даёт пену. Капните туда подсолнечного масла — оно будет как ни в чём не бывало плавать на поверхности и размазываться по стенкам сосуда.

Это создавало большие проблемы для домохозяек. Дело в том, что в разных реках и озерах, в разных подземных источниках и водопроводных кранах на Земле течёт разная вода. Где-то мягкая, в которой мыло хорошо мылится, а где-то жёсткая. В ней ни голову помыть мылом, ни бельё постирать.

И тут на помощь домохозяйкам пришли химики...



Мыльная пена при ближайшем рассмотрении выглядит изысканным архитектурным сооружением

Густая пена в жёсткой воде

Химики придумали новые моющие средства — синтетические. Но прежде надо было понять, как устроена молекула мыла. Первым её строение установил французский учёный Мишель Эжен Шеврёль. Случилось это в начале девятнадцатого века. А вот первые синтетические поверхностно-активные вещества появились меньше ста лет назад. Сегодня эти вещества делают из продуктов переработки нефти. И делают в огромных количествах, потому что в каждом доме нужны стиральные порошки, которые позволят стирать в любой воде. Повторите эксперимент с «морской водой». Только на сей раз бросьте в неё щепотку стирального порошка и взболтайте. Всё правильно — появилась пена. И капля масла исчезла, как положено.

Уж коль мы всерьёз занялись экспериментами, давайте попробуем сделать настоящее мыло. Правда, для этого нам

потребуется сода, но не пищевая, которая стоит на кухне, а стиральная, или кальцинированная. Её, если поискать, можно найти в магазинах. И заодно уж попросите папу купить стеариновую свечку (именно стеариновую, а не парафиновую!), она нам тоже пригодится, и пригласите его принять участие в вашем эксперименте, папы это любят.

Итак, в небольшое количество кипящей воды добавляйте, помешивая ложкой, столько соды, сколько вода сможет растворить. Потом слейте горячий раствор в стакан или кружку и добавляйте к нему по каплям растительное масло до тех пор, пока оно не перестанет растворяться. Сделали? Теперь оставьте раствор охлаждаться и возьмите другую кружку. Налейте в неё горячий раствор соды и капайте в этот раствор стеарин с горящей свечки, а папа пусть перемешивает раствор, чтобы капельки растворялись. Потом добавьте щепотку обычной поваренной соли из солонки и оставьте остывать. После охлаждения в первой кружке вы получите жидкое мыло, а во второй — твердое, оно само всплывает наверх. А как убедиться, что это именно мыло, вы уже знаете.

Интересно, а природа умеет делать такие вещества? Да, разумеется. Если бы не они, то мы никогда бы не пили молоко. Ведь молоко — это эмульсия жира в воде. А капельки жира удерживают в объёме жидкости именно природные поверхностно-активные вещества, называемые фосфолипидами. Да что молоко! Эти вещества есть в каждой клетке любого живого организма, в том числе и нашего, — из них построены оболочки клеток.

Фосфолипиды — отличные эмульгаторы. Поэтому, когда готовят майонез, в смесь всегда добавляют куриные желтки: в них особенно много фосфолипидов. Смесь взбивают, фосфолипиды обволакивают капельки жира и превращают смесь в ту самую белую эмульсию, которую мама добавляет в салат оливье.

Было бы несправедливо в рассказе о мыле не вспомнить о мыльных пузырях. Наверное, вы пускали их десятки раз и любовались этими радужными прозрачными шарами. Дело в том, что часть света отражается от верхней поверхности пузыря, а другая часть проходит сквозь его тонкие стенки и отражается от нижней границы мыльного слоя. И в результате такого расхождения потоков света на пузыре появляется радуга. Причём она как будто живая, все время меняется и двигается. Это потому, что и сам пузырь, как живой, его стенки постоянно истончаются, толщина плёнки меняется, вот он и играет всеми цветами радуги.

Чтобы выдуть большой и устойчивый пузырь, нужен правильный раствор. А знаете, какой правильный? Сейчас я вам открою секрет. Правда, это не мой секрет. Рецепт идеального

раствора для пузырей придумал английский учёный Чарльз Бейс в начале прошлого века и даже написал целую книгу про мыльные пузыри. Просто представить невозможно, сколько он выдул этих пузырей за свою жизнь.

Итак, раствор должен быть не только мыльным, но и вязким. А вода для раствора должна быть максимально чистой. Но мы-то с вами уже умеем делать чистую воду с помощью холодильника. Правда, для мыльных пузырей сгодится и просто кипяченая вода. В ста граммах (полстакана) тёплой чистой, дождевой или кипяченой, воды растворите два грамма тонко настругannого сухого «Детского» мыла и десять граммов чистого глицерина. Когда раствор остынет, добавляйте в него нашатырный спирт (он, возможно, есть в домашней аптечке), пока раствор не станет прозрачным и не начнёт сильно пахнуть аммиаком.

Ну вот, раствор готов. Теперь можно выдувать пузыри. И лучше всего это делать с помощью стеклянной палочки с расширяющимся концом. С таким раствором и такой палочкой вы всегда будете занимать первое место на конкурсе выдувальщиков мыльных пузырей — больших и долгоживущих. А мы тем временем продолжим рассказ о важных веществах, которые есть в каждом доме и которые придумали химики.

Выдуть гигантский мыльный пузырь — для химика дело простое, потому что он знает рецепт специального мыльного раствора

Почему шипит аспирин?

Прежде чем мы ответим на этот вопрос, давайте разберёмся, что такое аспирин. Лекарство, скажете вы, которое есть в каждой аптечке. Правильно. Причём одно из самых популярных лекарств в мире. В Америке его принимают почти по любому поводу. Голова заболела, простуда одолела и поднялась температура, суставы заломило — скорее глотать это универсальное средство. Он действительно помогает во всех перечисленных случаях. Хотя этот препарат популярен ещё и потому, что относительно дёшев и купить его можно без рецепта врача.

Из чего же сделан аспирин и кто его придумал? На самом деле аспирин — это индивидуальное вещество, у которого есть химическое название — ацетилсалициловая кислота. Так и пишут

на упаковке этого лекарства. Впервые его получил молодой немецкий химик Феликс Гофман в 1897 году, когда он работал в компании «Байер». Так что возраст этого препарата перевалил уже за сто десять лет.

Почему вдруг Гофман решил синтезировать именно это вещество? Да очень просто — Феликс был хорошим сыном и очень хотел помочь отцу, которого мучили боли в суставах. В то время артрит лечили солями салициловой кислоты. Однако не каждый пациент мог принимать это лекарство: у чувствительных людей он разъедал желудок и грозил бедой. Вот Феликс и подумал, что надо как-то обезвредить молекулу агрессивной салициловой кислоты, прицепить к ней ещё что-нибудь. Так на свет появилась ацетилсалициловая кислота.

По сути, её молекула состоит из двух частей, что и звучит в названии. Одна из них — целебная салициловая кислота, вторая — ацетил, или часть молекулы уксусной кислоты. Это вещество уже не столь едкое, его может принимать каждый. Но аспирин надо хорошенько измельчать, чтобы его крупинки не прилипали к стенкам пищевода и желудка — кислота всё-таки. А стоит аспирину пройти этот путь и попасть в кишечник, как его молекулы начинают разваливаться на составные части, выделяется салициловая кислота, которая попадает в кровь и лечит. Что уж она делает, учёные пока в деталях не выяснили, но — лечит! Как говорится, медицинский факт.

Вообще-то если долго хранить аспирин, то он будет постепенно разлагаться на составные части. Ограниченный срок его хранения связан именно с этим. А давайте-ка проведём с вами химический опыт. Для этого нам понадобится старый аспирин, у которого срок годности истёк, — наверняка такой завалялся в семейной аптечке. Можно, конечно, взять и новый, дешёвый, в таблетках. Но лучше уж лекарство использовать по назначению.

Сначала таблетки надо истолочь, а затем залить небольшим количеством горячей воды, чтобы он растворился, теперь раствор нужно довести до кипения и кипятить на слабом огне полчаса. Только никакой самодеятельности! Все организационные вопросы решайте с мамой или папой — какую посуду взять, кто включит плиту.

Во время нагревания аспирин довольно быстро распадается, и вместо аспирина теперь в растворе находятся салициловая и уксусная кислоты. Убедиться в этом очень просто — раствор стал пахнуть уксусом. А теперь осторожно слейте горячий раствор в небольшую плошку, лучше стеклянную и прозрачную, и оставьте охлаждаться. По мере того как температура раствора будет падать, в нем начнут образовываться красивые игольчатые

кристаллы салициловой кислоты, которые будут оседать на дно. Когда их наберётся заметное количество, зовите всех домашних, чтобы похвалиться своими химическими успехами. Уверяю вас, что никто из них никогда в жизни не видел кристаллы салициловой кислоты. Это будет для них сюрпризом.

И заодно поразите их рассказом, почему при простуде пьют чай с малиновым вареньем. Малина — одна из немногих ягод, которая содержит салициловую кислоту, вот эти самые полученные вами бесцветные кристаллики. Попил горячего чаю с вареньем — и взмок до пяток, потому что температура упала и сосуды расширились. Всё равно, что выпил аспирин.

Может быть, вы уже догадались, почему шипит большая таблетка растворимого аспирина, который продают в аптеках? Фармацевты придумали её специально, чтобы не заставлять пациента толочь таблетку, а быстренько и легко растворить её. Делают это, добавляя в аспирин немного обычной пищевой соды и лимонной кислоты. Если у вас дома есть и то, и другое, то можно провести интересный опыт.

Я слышу ваш радостный крик: «А мы уже делали такой опыт! Капали сок лимона на соду! Как шипело!» Действительно, такой опыт мы уже делали, но ведь в нем мы использовали сок лимона, то есть раствор лимонной кислоты в воде. А сейчас мы возьмём чистую лимонную кислоту — мелкие бесцветные кристаллы из пакетика.

Итак, сначала смешайте чайную ложку соды и столько же лимонной кислоты и посмотрите, что произойдёт. Правильно, ничего не произойдёт. Два кристаллических вещества будут равнодушны друг к другу. Но стоит эту смесь высыпать в стакан с водой, как начнётся бурная реакция — вода забурлит, её толщу наполнят пузырьки, стремительно вырывающиеся наружу. В воде кристаллики соды и лимонной кислоты растворились, разъединились на молекулы и начали взаимодействовать друг с другом. В результате такой бурной реакции выделяется углекислый газ.

Если бросить в воду таблетку шипучего аспирина, то произойдёт то же самое. Сода и лимонная кислота, растворяясь, будут взаимодействовать друг с другом. А пузырьки углекислого газа, стремящиеся вверх, будут разрывать таблетку аспирина на мельчайшие части. Вот и весь секрет. Остается только добавить, что и питьевая сода, и лимонная кислота, как и продукты их взаимодействия, безвредные пищевые вещества.

Человечеству нужно много аспирина, ведь простужается каждый, да и с суставами у многих проблема. В мире производят 40 тысяч тонн аспирина в год, или более 80 миллиардов

таблеток, по 14 таблеток на каждого жителя Земли.

А есть ли рядом с нами ещё какие-нибудь необычные вещество, которые сделали химики? Конечно, есть. Например, вещество, на которое вы смотрите каждый день по многу раз, — жидкие кристаллы.

Что общего у малины и аспирина? И та, и другой содержат

салициловую кислоту. Именно она сбивает высокую температуру во время простуды

То, чего не может быть

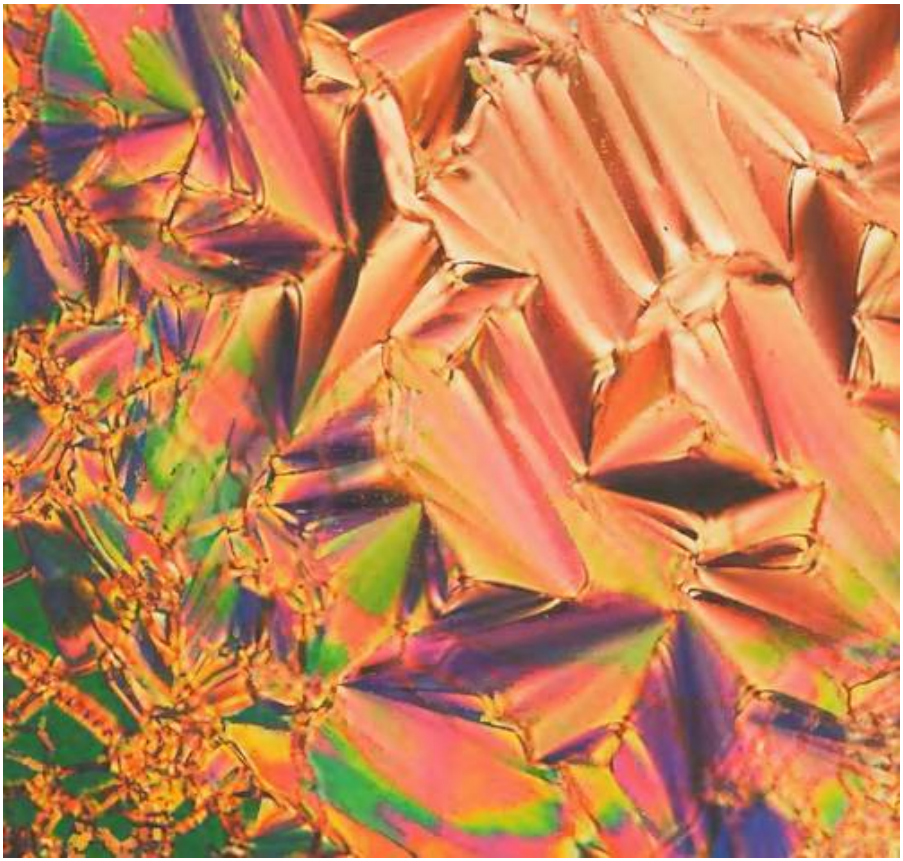
Бывают ли жидкие кристаллы? Для тех, кто вдумывается в смысл слов, ответ не так очевиден. Так как же ответить?

Попробуйте задать этот вопрос папе. Скорее всего, он незамедлительно и уверенно ответит: «Конечно же нет!» А потом, после короткого замешательства, столь же уверенно скажет: «Конечно, бывают! Вот же они!» — и покажет на дисплей своего компьютера или вашего мобильного телефона.

Папино замешательство легко объяснимо. Ведь кристалл — это что-то твёрдое, с упорядоченной структурой, где каждый атом или молекула сидят на своих местах, как привязанные. А жидкость — это текучий хаос, её молекулы не удерживаются на своих местах, а всё время бегают. Можно, конечно, кристалл нагреть и расплавить, чтобы он превратился в жидкость. Но либо одно, либо другое. Жидкий кристалл — это то, чего не может быть.

А между тем они есть. Впервые их обнаружил в далеком 1888 году австрийский ботаник Фридрих Рейнитцер, изучавший свойства холестерина. Наверняка, бабушка и дедушка поминали его — холестерин, конечно, — недобрым словом. А может быть, и мама с папой. Дело в том, что это вещество, содержащееся, например, в жирной пище, осаждается на стенках наших кровеносных сосудов и закупоривает их. Когда такое случается, люди начинают задыхаться и хвататься за сердце. Поэтому мама, заботясь о здоровье всей вашей семьи, старается покупать продукты, в которых мало холестерина.

Однако холестерин необходим всем живым организмам, потому что именно он делает стенки клеток прочными. Это и побудило Рейнитцера заняться его изучением. К удивлению для себя, он обнаружил, что у холестерина есть как бы две точки плавления и соответственно два разных жидких состояния — мутное и прозрачное. Именно это «мутное» состояние, промежуточное между кристаллом и жидкостью, впоследствии назвали жидкокристаллическим. А сегодня известны уже десятки тысяч природных и синтезированных химиками веществ, проявляющих такие свойства.



Вот так загадочно и красиво выглядят жидкие кристаллы в поляризованном свете, если их рассматривать в микроскоп. Ещё раз повторю: они — жидкие

Что у всех у них общего? Форма молекул, которая бывает сильно вытянутой или похожей на диск. Первые напоминают карандаши с квадратным сечением, а вторые — монеты. Давайте сделаем мысленный эксперимент: возьмём коробку такого размера, чтобы карандаши или монеты легли в неё максимально плотно. Понятно, что карандаши в таком случае лягут ровными рядами, а монеты — колоннами. Если мы потрясём коробку, то ни один карандаш, ни одна монета не сдвинутся со своих мест. По сути, мы получили модель твёрдого кристалла.

А теперь давайте мысленно немного раздвинем стенки коробки. Это похоже на нагревание вещества, при котором оно расширяется. Если мы теперь потрясём коробку, то прежний идеальный порядок нарушится. Карандаши начнут скользить туда-сюда и вдобавок вращаться вокруг собственной оси. То же и с монетами, столбики которых мгновенно рассыплются. Они заполнят свободный объём коробки и будут течь, повинуясь

нашим движениям, то есть будут вести себя подобно жидкости. Но при этом они сохранят и определенный порядок: карандаши лягут строго в одном направлении, а монеты переместятся строго в своей плоскости. Наш мысленный эксперимент весьма точно отражает то, что происходит в настоящих жидких кристаллах.

Чем же они так интересны? Дело в том, что взаимное расположение молекул этих веществ в пространстве сильно зависит от внешних условий, например от температуры. В свою очередь, от «упаковки» этих молекул зависит цвет вещества. Зависимость эта настолько сильная, что позволяет на глаз определить изменение температуры на десятые доли градуса. Где это можно использовать? Правильно, в термометрах. В 1963 году американец Дж. Фергюсон получил патент на обнаружение тепловых полей с помощью жидких кристаллов.

Но у жидких кристаллов есть и более важное и широкое применение. Оказалось, что цвет тонкой плёнки жидкого кристалла можно изменять при помощи электрического поля. Именно так на дисплеях наших мобильных телефонов и компьютеров, на плоских экранах телевизоров и табло в аэропортах, на панелях микроволновых печей и холодильников появляются цифры, буквы и картинки. А в 1968 году в США впервые был продемонстрирован принципиально новый индикатор: к разным частям тонкой жидкокристаллической плёнки прикладывали электрическое поле, и на ней возникало изображение букв, цифр, геометрических фигур, образованное прозрачными и непрозрачными участками плёнки.

Сегодня мы живём в окружении жидких кристаллов, сами того не замечая. А химики без устали синтезируют всё новые жидкие кристаллы, чтобы цвета были более насыщенными, а сами дисплеи служили дольше. Говорят, что каждое пятое новое органическое вещество, синтезированное химиками, обладает свойствами жидких кристаллов.

Полимеры, пластмассы, волокна, красители, лекарства, поверхностно-активные вещества, жидкие кристаллы… Из чего химики делают всё это? Понятно, что из веществ, но каких? Откуда их берут? Вот об этом мы сейчас и поговорим.

Почему мир сходит с ума от нефти?

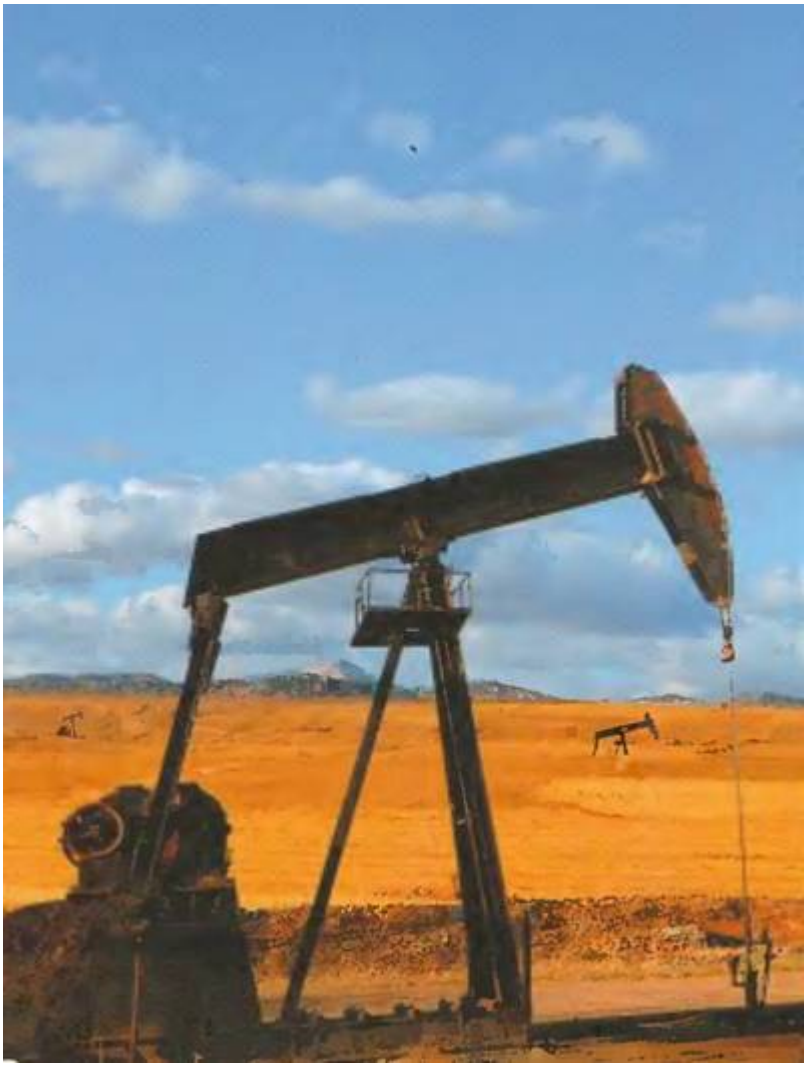
Нефть подешевела? Кошмар! Нефть подорожала? Ужас! Почему люди так живо реагируют на цены на нефть и следят за

ними каждый день, как за прогнозом погоды? Вот и папа с дедушкой частенько говорят о нефтяной игле. А дело в том, что наша с вами комфортная и удобная жизнь и всё вокруг буквально пропитаны нефтью, точнее, веществами, из нее полученными.

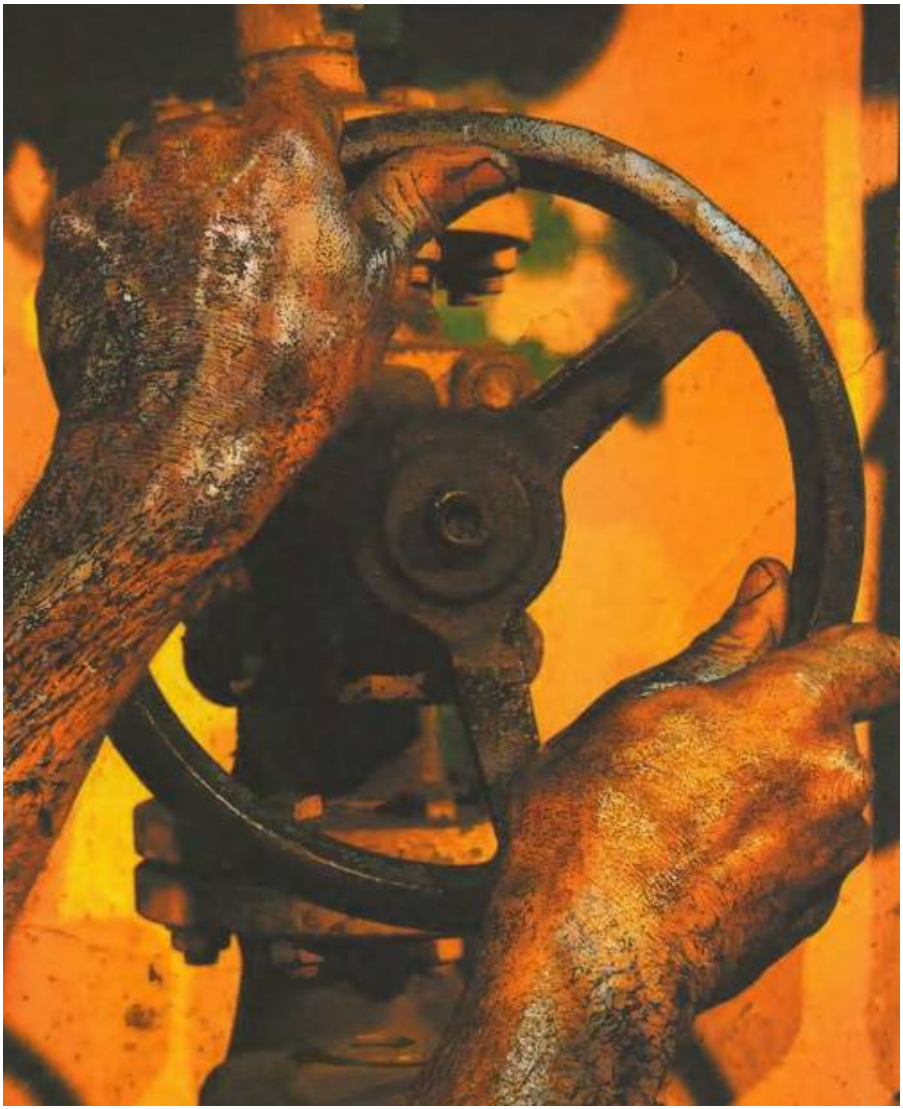
Судите сами. Бензин и дизельное топливо, которыми мы кормим автомобили, — из нефти. Авиационный бензин и керосин — оттуда же. Мазут, который мы сжигаем в топках тепловых электростанций, чтобы получать электричество, — тоже из нефти. Так что без нефти ни свет зажечь, ни в машине прокатиться, ни на самолете полетать. Но не только это. Нефть для химиков — это источник вдохновения и веществ, которые они используют для синтеза того, чего не существует в природе, но без чего мы уже не можем обойтись.

Нефть — это царский подарок природы человечеству. Конечно, об этом земном богатстве нам следовало бы поговорить в самом начале книги, где мы инспектировали земные кладовые. Но мы специально оставили нефть на «десерт». Ведь благодаря этому «чёрному золоту» химики создают рукотворный мир, существующий одновременно с миром природы.

Вы когда-нибудь видели настоящую нефть? Держали в руках? Наверняка нет. Впрочем, выглядит она не так уж и привлекательно — тёмно-коричневая, почти чёрная жидкость, которая к тому же и резковато пахнет. Но она заключает в себе настоящее химическое богатство — почти тысячу самых разных веществ. Большинство из них, около 90%, это так называемые углеводороды. Из названия уже понятно, что молекулы этих веществ состоят из атомов углерода и водорода. Есть совсем маленькие, лёгкие молекулы, содержащие четыре-шесть атомов углерода и десять-четырнадцать атомов водорода. А есть большие, тяжелые, где атомов углерода больше двадцати, а счёт атомов водорода идёт на десятки. И все эти углеводороды — настоящий хлеб для химиков, то самое сырьё, из которого можно творить новый мир.



Время фонтанов нефти, бьющих из земли, давно прошло. Сегодня нефть качают с помощью таких вот насосов



Это не грязь, это нефть — чёрное золото

Прошёл не один десяток лет, пока химики научились разделять эту смесь на отдельные вещества. В конце концов это удалось сделать благодаря тому, что у всех веществ в нефти — разная температура кипения. Об этой индивидуальной характеристике вещества мы уже с вами говорили. Нагревая нефть до разной температуры, можно последовательно отбирать те вещества, которые при данной температуре закипают и улетают. Тут главное собрать их, не растеряв ни крошечки. Эту работу сегодня выполняют на нефтеперерабатывающих заводах, где стоят космического вида высоченные блестящие аппараты — ректификационные колонны. В них-то нефть и разделяется на

части, которые называются фракциями.

Легкокипящая фракция, в которой собраны самые лёгкие углеводороды, — это добыча химиков. Она отправляется на нефтехимические заводы. Здесь из фракции добывают и делают разнообразные вещества. Одно из самых главных — этилен, молекула которого содержит два атома углерода и четыре атома водорода. Из этилена, как вы уже, конечно, догадались, делают полиэтилен, это самый распространённый полимер. Если из полиэтилена, который каждый год производят в мире, сделать плёнку вроде той, что покрывают парники на вашей даче, то ею можно полностью укрыть Францию и Германию с Люксембургом в придачу. А ещё из этилена получают этиленгликоль, из которого, в свою очередь, делают антифриз, без которого автомобиль не может ездить зимой, полимер лавсан и многое другое.

Фракции с более высокой температурой кипения — это жидкие бензин, керосин, дизельное топливо. Их очищают, добавляют всякие присадки и отправляют на автозаправки и в аэропорты. А самая тяжело кипящая смесь, густой вязкий мазут, поступает на теплоэлектростанции. Но не весь мазут сжигают в топках, часть его перерабатывают, стараясь превратить в бензин, которого требуется очень много. Для этого надо разорвать длинные углеродные цепочки в молекулах мазута на более короткие, эту процедуру химики называют крекингом.

А ещё из нефти выделяют битум, который идёт на изготовление дорожных покрытий, вазелин и разные масла, без которых опять же не могут работать двигатели автомобилей. Какой всё-таки удивительный продукт запасла для нас природа. Словно точно знала, что он понадобится человечеству. И понадобился, да ещё как!

Что будет, если нефти не будет?

Действительно, а что будет, если нефть вдруг закончится? С чем же тогда работать химикам? Из чего они будут делать всё то, чем сегодня заполнен наш мир?

Никто не может точно сказать, на сколько лет нам хватит нефти, спрятанной в земле. Одни говорят — на сорок лет, другие — на сто, третьи — на двести. А некоторые учёные утверждают, что нефть не закончится никогда, потому что она постоянно образуется в толще земли. И действительно, разведчики нефти каждый год докладывают о новых открытых месторождениях.

Благодаря геологоразведке за последние двадцать лет количество разведанных запасов нефти на нашей планете увеличилось на треть!

Нефть есть везде. Она залегает под дном морей и океанов, на суше на разной глубине. Иногда она выходит на поверхность, образуя нефтяные озёра или лужи. Но чаще смешивается с песком, образуя черные нефтяные пески. Такого чёрного маслянистого песка много на севере Канады. Он лежит на дне бесконечных болот, на нем произрастают леса, которые местные жители называют битумными. Когда учёные оценили, сколько же этого песка в Канаде и сколько в нём припасено нефти, то Канада по запасам этого «чёрного золота» с двенадцатого места мгновенно взлетела на второе. Оказалось, что у неё на территории запасено нефти почти столько же, сколько в самой богатой (по сегодняшним оценкам) нефтяными месторождениями Саудовской Аравии.

Нефть есть везде, но добыть её зачастую непросто, и обходится это недёшево. Поэтому почти всю нефть в мире добывают на территории двенадцати стран, в том числе и в России, которая занимает пока восьмое место. А у остальных стран нефти, можно сказать, что и нет, поэтому им приходится её покупать. Иначе чем кормить химическую промышленность? Чем заправлять автомобили и самолеты? Чем топить тепловые электростанции?

Вот посмотрел бы сейчас Дмитрий Иванович Менделеев, как мы сжигаем бензин в двигателях и мазут в топках ТЭЦ, и затопал бы ногами. «Да что же вы делаете! — воскликнул бы он. — Ведь ещё сто двадцать пять лет назад я предупреждал, что сжигать нефть — это всё равно, что топить печь ассигнациями (то есть деньгами)». Менделеев полагал, что всю нефть надо отдавать химикам, чтобы они творили свои чудеса, полезные людям.

А знаменитый Никола Тесла добавил бы: я тоже предупреждал вас в начале прошлого века, что бензиновый двигатель — это тупик, только нефть переведёте и атмосферу загрязните. Никола Тесла был уверен, что лучшее транспортное средство для человека — это электромобиль.

И они правы. Сжигать нефть и её продукты, пожалуй, одно из самых худших решений. При сгорании выделяется диоксид углерода, или углекислый газ (один атом углерода, два атома кислорода), загрязняющий воздух, и с каждым годом нам всё труднее дышать. К тому же большое количество диоксида углерода в атмосфере увеличивает парниковый эффект, из-за которого на Земле становится теплее. Поэтому лучше бы нефть оставить в покое, даже если она и не закончится в ближайшем

будущем. Но чем её заменить?

Уже понятно, как можно заменить, хотя бы в значительной части, нефть в энергетике. Ведь наша планета просто купается в энергии. Её несут солнечный свет, ветер, морские волны, внутреннее тепло Земли. Надо только научиться её взять, не причиняя вреда природе. И вот уже в Германии, Дании, Испании подставили свои лопасти ветрам гигантские ветряки. Размах лопастей современного ветряка — 126,3 метра, больше, чем высота статуи Свободы в Нью-Йорке (93 метра). А между прочим, один такой ветряк может обеспечить электричеством пять тысяч частных домов.

На Северном побережье Европы уже пробуют свои силы приливные электростанции. Как вы наверняка знаете из приключенческих книг и фильмов, уровень воды в океане постоянно меняется, приливы и отливы сменяют друг друга дважды в день. Это явление учёные научились использовать для получения электроэнергии. Можно сделать поплавок, который будет качаться на волнах и преобразовывать энергию колебания воды в электричество. В прибрежные поселки электрический ток прибежит по кабелю, проложенному по дну. А в солнечной Испании и в Калифорнии под открытом небом выстроились рядами, как кресла в театре, солнечные батареи, похожие на большие зеркала. Они ловят солнечный свет и превращают его в электричество.

Ветряные мельницы, которыми перемалывали зерно и перекачивали воду, делали из дерева.

А современные гигантские «мельницы-ветряки, которые превращают энергию ветра в электричество, делают из сверхпрочных и лёгких материалов, созданных химиками

В общем, много всяких красивых идей, как добыть энергию без нефти, сейчас разрабатывают во всём мире. Не говоря уже о том, что во Франции, в местечке Кадараш, возводится огромный термоядерный реактор. В нём учёные со всего мира, в том числе и российские, намереваются зажечь маленькое рукотворное Солнце и питать человечество его энергией, преобразованной в электричество. Так что с энергетикой выходы как будто бы есть. Можно, наконец, черпать энергию из Вселенной. Но придумывать, как это сделать, придётся уже вам.

А вот чем заменить бензин в автомобилях? Похоже, мы действительно возвращаемся к идее Николы Теслы. Кстати, сто лет назад в Нью-Йорке бегало несколько тысяч электромобилей, которые подзаряжались на специальных «электрозаправках». Но

тут, как назло, Генри Форд запустил первый конвейер по производству двигателей внутреннего сгорания на бензине. Они оказались дешевле электрических, поэтому от электромобилей отказались. Зато теперь каждая автомобильная корпорация предъявляет нам всё новые и новые модели электромобилей. Они, конечно, пока не очень привлекательны: на одной зарядке серийные автомобили могут проехать только 60-100 километров, да и скорость развивают чуть больше 100 километров (что, впрочем, только порадует пешеходов). Но очень скоро эти технические проблемы будут решены, так показывает вся история научно-технического прогресса.

Ещё один популярный вариант — использовать в качестве топлива для автомобиля водород. Выгоды очевидны, ведь при сгорании водорода образуется вода — никаких ядовитых и вредных выхлопных газов! А водород, в свою очередь, можно получать из воды, такой вот получается заманчивый цикл превращений. Проблема заключается в том, как хранить и транспортировать взрывоопасный водород. Над её решением сейчас бьются химики всего мира. И ведь решат, потому что нет учёных изобретательней химиков.

А вот что делать с сырьём для химической промышленности, если мы откажемся от нефти? Где его брать? В этом случае нам придётся подписать эксклюзивный контракт с природой, потому что без её помощи нам не обойтись.

«Зелёная» химия

Вы когда-нибудь видели настоящий химический завод? Если не живьём, то на картинке? Ну как же, скажете вы. Это такие огромные монстры, которые плюются вонючим воздухом и грязной, ядовитой водой. Да, первые заводы, которые строили ещё в начале и середине прошлого века, были похожи на то, что вы сказали. Но теперь они выглядят гораздо более симпатично.

Современные химические предприятия нового поколения компактнее и чище. От них не разносятся шум и пыль, из их труб не вырываются тёмные клубы ядовитых газов, а вся вода крутится внутри завода в так называемом оборотном цикле: её постоянно очищают и используют вновь и вновь. Они даже по-своему красивы с их блестящими колоннами, обвитыми разными трубками, с реакторами идеальной формы и пультами управления со множеством экранов и кнопок. С этих пультов технологи управляют на расстоянии всеми процессами, так что на

современном заводе людей вовсе и не видно.

Как вы думаете, а как должен выглядеть идеальный химический завод будущего? Сорвите цветок у себя в саду и присмотритесь к нему. Вот это и есть идеальный химический завод. Не в том смысле, что у него должны быть яркие лепестки, пестик, тычинки и изумрудные листочки. Не по форме, а по сути!

В каждой клеточке живого цветка или травинки каждую секунду происходят миллионы химических реакций. Растение само синтезирует внутри себя все вещества, нужные для роста и красоты. В том числе и полимер целлюлозу, которая позволяет растению расправить плечи и не ломаться под тяжестью своего веса, и удивительные красители, и ароматные вещества, из которых складывается запах растения, и крахмал, и сахара... И между прочим, прекрасно обходится без всякой нефти.

Из какого сырья оно всё это синтезирует? А сырьё очень простое — вода и диоксид углерода плюс солнечный свет в качестве источника энергии. Эта троица попадает в цепкие лапы хлорофилла — вещества, которое содержится в клетках растений. Оно-то и командует, как взаимодействовать членам этой троицы. А в результате растение, поглощая воду и диоксид углерода, производит все те вещества, которые ему нужны. Впрочем, об этом процессе, называемом фотосинтезом, я уже рассказывала в пятой главе, но тогда нас интересовал другой образующийся при этом продукт — кислород, которым мы дышим,

Какая всё-таки потрясающая идея — из столь простых и доступных веществ, как вода и диоксид углерода, делать сложные вещества! В сущности, это и есть главная задача химика. Но пока природа остаётся непревзойдённой в этом деле. Фотосинтез изучают уже более двухсот лет. Многие учёные полагают, что он хорошо известен во всех деталях. Но вот незадача: всё как будто бы известно, а воспроизвести никто не может, ни в пробирке, ни в реакторе. Значит, что-то очень важное ускользает от внимания исследователей.

Хотите получить Нобелевскую премию? Тогда займитесь этим. Придумайте, как запихнуть фотосинтез в обычный промышленный реактор. И тогда мы сможем легко получать вещества, столь необходимые как сырьё химической промышленности. И про нефть можно будет забыть. Бесконечную благодарность человечества гарантирую.

Однако это дело будущего. Но уже сегодня природа готова выполнять свои обязательства по контракту, заключённому с человечеством.

Современные химические заводы не только компактнее и чище, но и красивее своих предшественников. И всё же им пока далеко до идеального химического завода

Это тоже не идеальный химический завод, это всего лишь его прообраз

Химиками становятся микробы

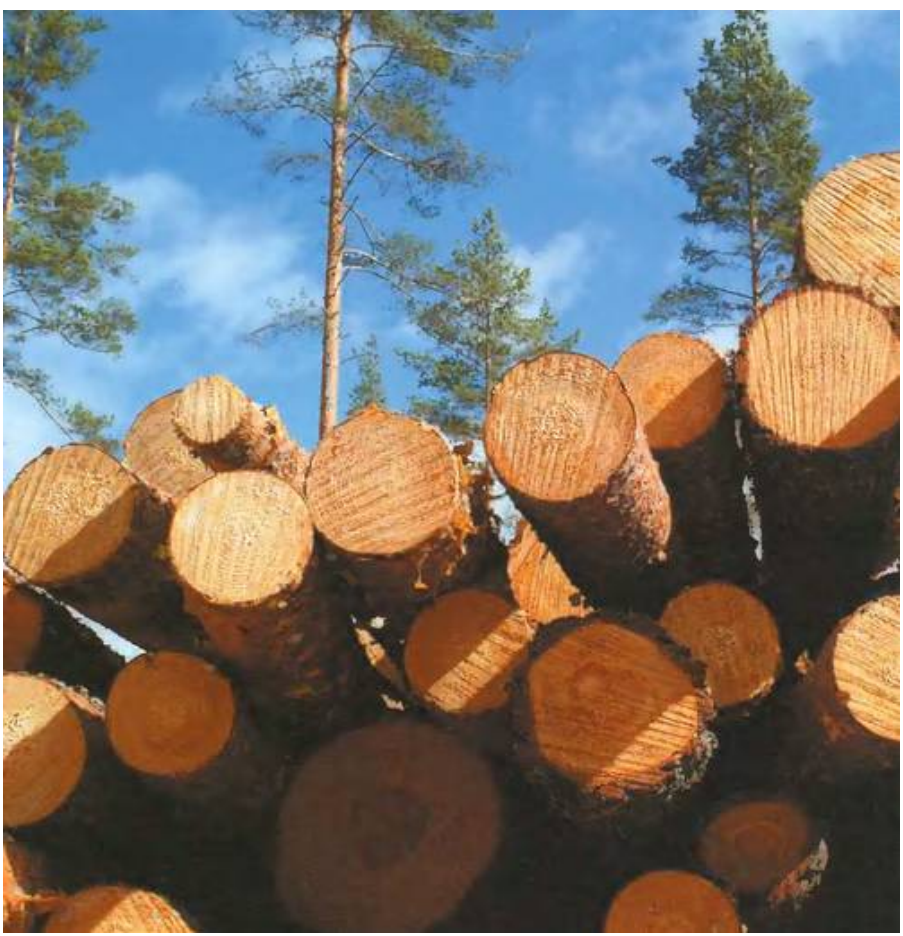
Каких живых организмов на Земле больше всего? Микробов! Их миллионы разновидностей, и они всюду — в почве, в воде, в воздухе, на наших руках и одежде и даже внутри нас. Биологи подсчитали, что в кишечнике взрослого человека присутствует более одного килограмма микроорганизмов, относящихся к сотням различных видов.

У микробов на Земле очень много работы — ведь они санитары, которые приводят в порядок нашу планету и нашу внутреннюю среду (я имею в виду кишечник). У них это прекрасно получается, потому что микробы обладают фантастическим чувством вещества, присущим только химикам высокого класса. Любую отраву и гадость они, поразмыслив, превращают в еду, черпают из них энергию для своей жизни и компоненты для строительства своих тел. Впрочем, это может быть и не отрава вовсе, а любое вещество, которое появляется в

избытке.

У каждого микроба есть свой набор отмычек и резаков. Называются они ферментами. Это такие молекулы белков, которые могут расщепить большую молекулу чужеродного вещества на мелкие съедобные части. А в химической промышленности очень часто нужны именно такие процессы. И почему бы не воспользоваться столь ценным умением микробов?

Надо признать, что ещё задолго до появления химии люди подружились с микробами и доверили им многие важнейшие технологии: превращение молока в сметану и сыр (здесь работают молочнокислые бактерии), виноградного сока в вино и изготовление теста для хлеба (дрожжи). Но лишь в 1917 году венгр Карл Эреки ввёл термин «биотехнологии», согласно которому к биотехнологиям стали относить все виды работ, при которых из сырьевых материалов с помощью живых микроорганизмов производят те или иные продукты.



Вот эти бревна превратятся в доски, дома и мебель

А вот это их вершки и корешки, которые могут остаться гнить на лесоповале, а могут отправиться в переработку

Сегодня микроорганизмы трудятся на заводах и делают антибиотики, витамины, инсулин и многие другие лекарства, кормовые белки для сельскохозяйственных животных. Оказалось, что от таких ничтожных по размеру, невидимых невооруженным глазом работников только одна выгода. Снижается в несколько раз потребление энергии (экономия нефти!), сокращается расход дефицитной пресной воды, а выбросов почти никаких. Просто мечта любого технолога! Там, где классические химические технологии требуют высокой температуры, давления, едких реагентов, микробы справляются без нагрева и компрессоров, превращая промышленный реактор в обычную кастрюлю.

Понятно, что химики не отказываются от такого сотрудничества и придумывают всё новые процессы, где часть работы можно доверить микробам. Вот вам пример. Осенью 2008 года в сибирском городке Тулун, который расположен в тайге в

390 километрах от Иркутска, на берегу реки Ия, открылся небольшой цех, кстати, первый в мире, где начали производить очень ценное для химической промышленности вещество — бутанол. Это спирт, но его молекула в два раза больше молекулы обычного этилового спирта, который присутствует во всех алкогольных напитках разной крепости. Особенность этого цеха заключалась в том, что бутанол делают микробы. Причём делают из отходов после рубки деревьев.

Как вы думаете, какую часть высокой, стройной сосны, срубленной в тайге, продадут за хорошие деньги покупателям строевой древесины? Чуть больше одной трети ствола. Её вырежут из самой серединки, а вершки и корешки пойдут в отвал. Вот эти сучья и корни с пеньками, а также прочие отходы от лесозаготовок и деревопереработки, привозят на завод в Тулуне. Здесь их измельчают, отделяют смолу, перемалывают в порошок и направляют в реактор, где уже наготове природные вещества — ферменты. Они немедленно принимаются за дело и превращают целлюлозу древесины, о которой мы с вами уже не раз говорили, в сахара. А затем раствор сахаров отдают на растерзание микроорганизмам под названием «клостридии». Они-то и превращают сахара в прозрачную жидкость — бутанол.

Чистый бутанол хорош не только как сырьё для химической промышленности. Его можно заливать в бензобак вместо бензина, потому что современные автомобильные двигатели прекрасно потребляют его без всякой переделки. Вот вам ещё одно решение проблемы заправки автомобилей без использования нефти.

Природа была и будет главным учителем химиков. Она не только участвует в технологических процессах, отряжая на заводы своих крошечных трудолюбивых посланников, но и продолжает делиться с нами своими секретами и подбрасывать новые идеи. Их набор бесконечен и хватит на всех, кто захочет заниматься химией и создавать что-то новое и очень нужное. Например — микрочипы и суперматериалы для фантастических проектов.

В этом инкубаторе микроорганизмов растут будущие рабочие химических предприятий

Сегодня с их помощью химики уже делают из древесных отходов замену бензину, который можно заливать в бензобак автомобилей

Нобелевская премия за простое вещество

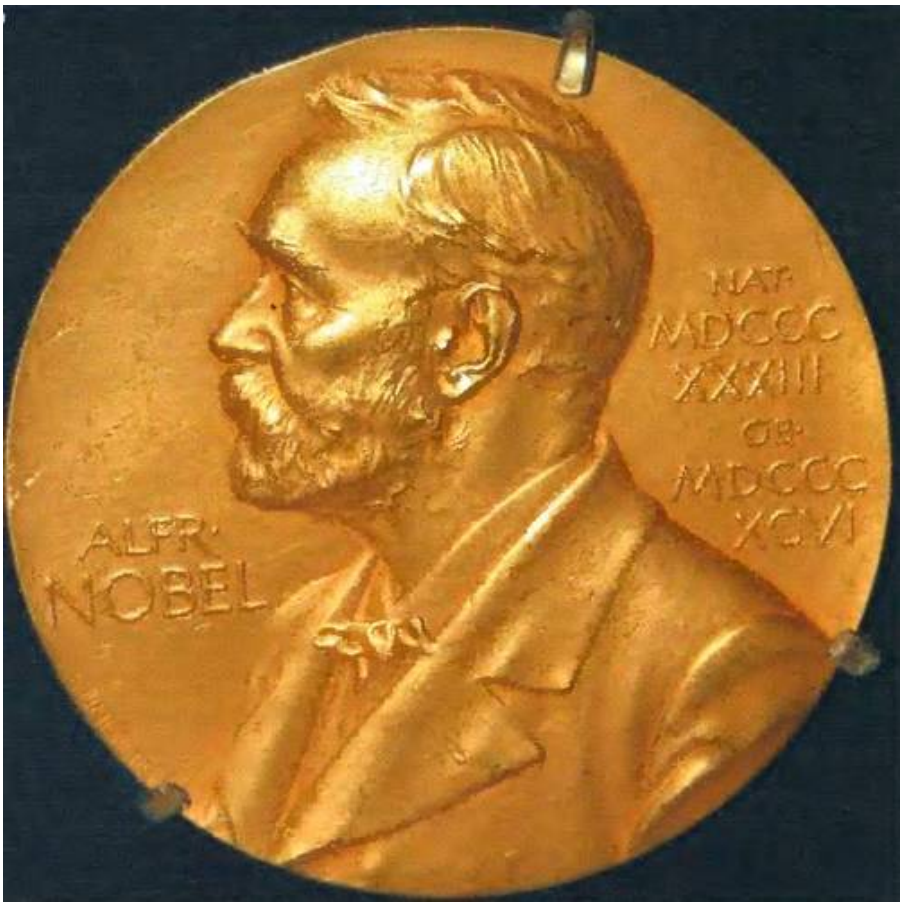
У вас, возможно, сложилось представление, что с каждым годом химики синтезируют всё более сложные вещества, молекулы которых содержат всё большее количество разных атомов, и что с простыми веществами всё уже давно ясно. Но это далеко не так.

Давайте я расскажу вам историю об одном простом веществе, которое состоит из атомов одного элемента. И элемент этот

проще некуда — уже хорошо вам известный углерод. И строение его простое — плоская сетка, сплетённая из правильных шестиугольных ячеек. И имя у него простое — графен.

Тем не менее за получение и изучение свойств этого вещества была присуждена Нобелевская премия по физике за 2010 год. Её получили Андрей Гейм и Константин Новосёлов, выпускники Московского физико-технического института, которые в последние годы работают в Манчестерском университете в Великобритании.

В этой истории много удивительного. Начнем с того, что формально графен был известен любому школьнику старших классов — ведь из его «листов» сложен графит. Физики-теоретики давно и детально описали свойства графена. Вот только получить его не удавалось вплоть до 2004 года.



Медаль лауреата Нобелевской премии — высшая награда в науке. Её учредил более ста лет назад Альфред Нобель, химик между прочим. Одно из его главных изобретений — динамит

Как же это сделали будущие нобелевские лауреаты? Очень просто. Взяли подходящий кристалл графита, приложили к его поверхности обычный скотч и — рванули. Простые решения зачастую оказываются самыми надежными и правильными. К скотчу прилип один-единственный слой графита — столь желанный графен. После этого скотч приложили к поверхности немного окисленной кремниевой пластины, и графен «прилип» к ней. Пришла пора детально изучить его удивительные физические свойства.

Но нас интересует химия. За немногие прошедшие после этого открытия годы химики разработали сразу несколько разных способов получения графена, и теперь это вещество считают одним из наиболее перспективных для будущей электроники.

Кстати, похожая история произошла в конце прошлого века. Началась она в 1973 году, когда российские учёные Д.А. Бочвар и Е.Г. Гальперн предсказали, что может существовать молекула, которую никто никогда не видел. Она должна быть составлена из 60 атомов углерода и напоминать по форме футбольный мяч. Вскоре эти молекулы были обнаружены в межпланетном пространстве с помощью спектров, которые мы обсуждали во второй главе.

В земных условиях фуллерен впервые получили в 1985 году американские учёные Роберт Керл, Харолд Крото и Ричард Смолли. Но в таком ничтожном количестве, что его нельзя было взвесить даже на самых чувствительных весах. Химики засучили рукава и такого напридумывали, что сегодня фуллерен синтезируют граммами и килограммами и стоит он дешевле, чем стекло от Сваровски. А самое главное — придумали, как применить это вещество в самых разных областях, от медицины до солнечных батарей. Нобелевская премия по химии первооткрывателям тоже не заставила себя долго ждать — американские исследователи получили её в 1996 году.

Так что возможности химии далеко не исчерпаны. Каждый год приносит новые открытия, даже в области таких простых веществ. И если вы в будущем решите стать химиком, у вас будет чем заняться — химия хранит ещё много неразгаданных и потрясающе интересных тайн.

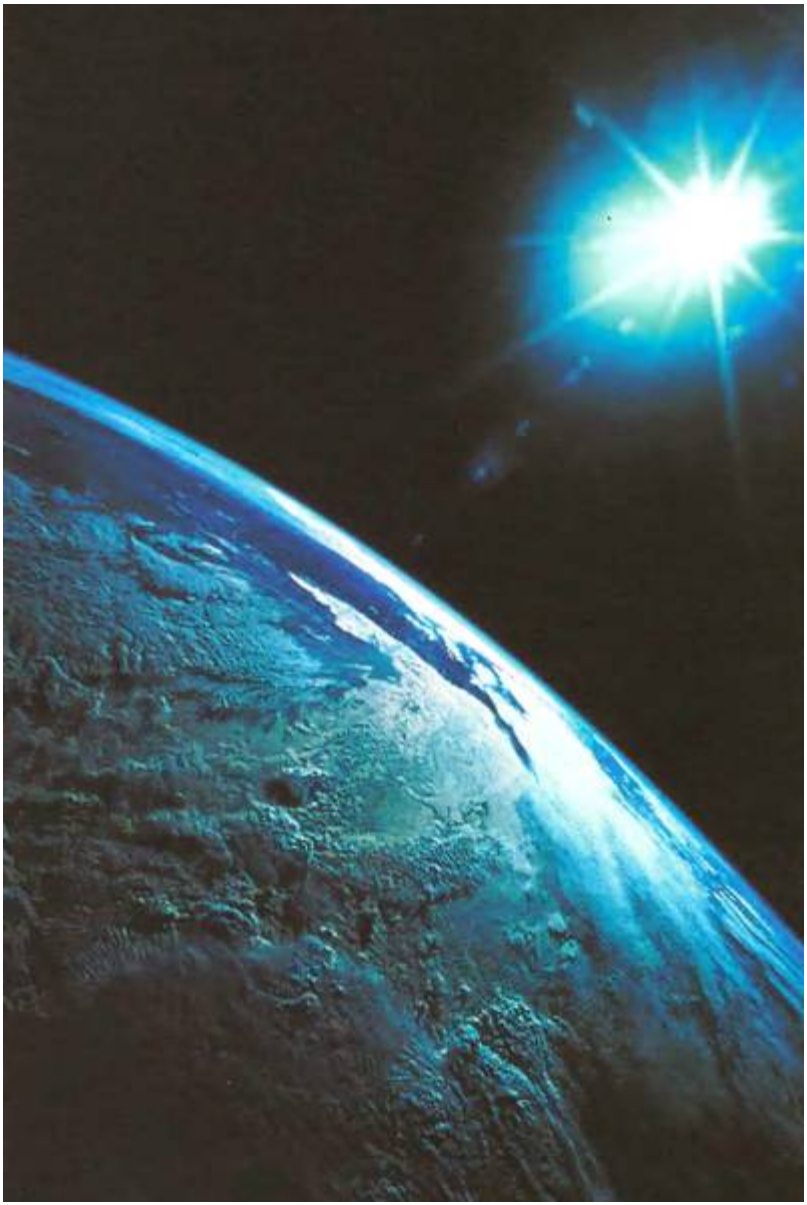
В космос — на лифте

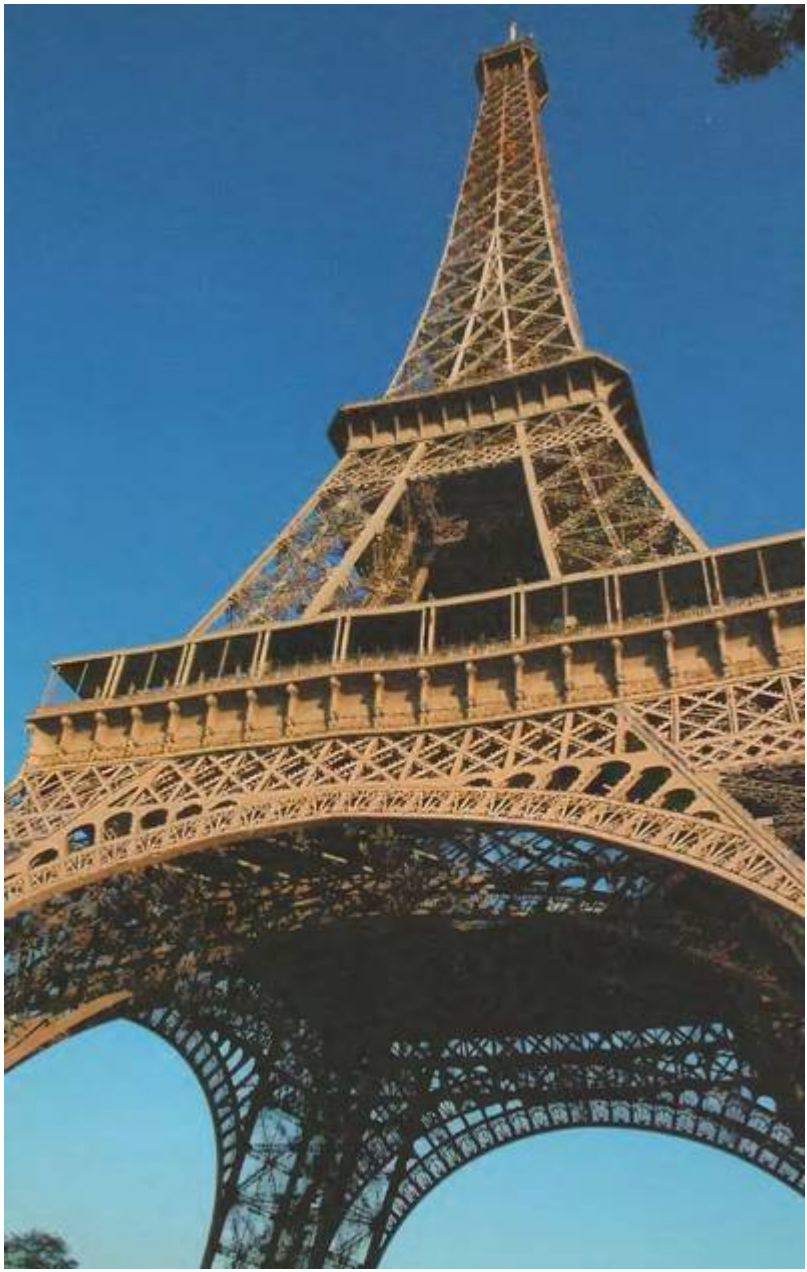
Вы хотите побывать в космосе? Самому увидеть нашу Землю, летящую в безвоздушном пространстве, и вволю покувыркаться в

невесомости? Когда мне было столько же лет, сколько вам сейчас, все сходили с ума по космосу, ведь это было время первых пилотируемых полётов. Фамилии первых космонавтов — Гагарина, Титова, Николаева, Поповича — мы знали наизусть.

Но это сколько же месяцев и лет нужно тренироваться перед полётом, чтобы при старте ракеты не умереть от огромных перегрузок, и вообще — опасное это дело. Вот если бы в космос можно было подняться на лифте, таком, что ходит в наших домах!

Впервые эта фантастическая идея пришла в голову Константину Эдуардовичу Циолковскому более ста лет назад, когда он впервые увидел Эйфелеву башню в Париже. Кстати, Циолковский, которого называют «дедушкой космонавтики», первым детально разработал проект межпланетных путешествий на ракетах, и он же, как мы видим, предложил «запасной» вариант. Ведь ракете, чтобы поднять в космос космический корабль, нужно огромное количество топлива. Оно заполняет всю внутренность ракеты, которая имеет длину около сорока метров, тогда как сам космический корабль намного меньше — около семи метров. Сколько при каждом запуске сгорает драгоценного топлива — продукта труда химиков! Сколько теряется высококачественного металла, ведь ракета после подъема на определенную высоту просто отбрасывается! Нет, на лифте и дешевле, и удобнее.





Когда снизу смотришь на Эйфелеву башню, кажется, что она достаёт до неба. Возможно, будущий космический лифт будет иметь похожее основание

Но как его сделать? Давайте проведём небольшой эксперимент, и вы сразу поймете суть дела. Надеюсь, у вас есть одна из моих любимых игрушек — волчок. Земля, как вы, несомненно, знаете, обращается не только вокруг Солнца, но и

вокруг собственной оси, поэтому день сменяет ночь. Вот волчок и будет в нашем эксперименте Землёй. Теперь давайте возьмём толстую нитку длиной сантиметров десять-пятнадцать и прицепим к обоим её концам два небольших шарика из пластилина. Затем один из шариков прилепим к «экватору» волчка.

Пока волчок не вращается, нитка с пластилиновым шариком уныло свисает вниз. Но стоит нам сильно раскрутить волчок, как нитка поднимется и будет лететь над полом, оставаясь все время ровной, словно она сделана из металла. А теперь представьте, что шарик на конце нитки — это космическая орбитальная станция вроде той, что летает сейчас над нашей Землёй, а нитка — это трос, который соединяет станцию с Землёй. Трос уходит вертикально в небо и не нуждается ни в каких подпорках, а по тросу ползёт кабина лифта, которая доставляет на орбитальную станцию космонавтов и различные грузы. Правда, красивая идея?

Но тут есть одна загвоздка. Дело в том, что сделать такой трос чрезвычайно трудно. Если мы возьмём обычный стальной трос, то он разорвётся под действием собственного веса при длине всего лишь семьдесят километров. Как это происходит, вы можете убедиться сами, если скатаете из пластилина или теста длинную тонкую «нитку» и поднимете её за один конец над полом.

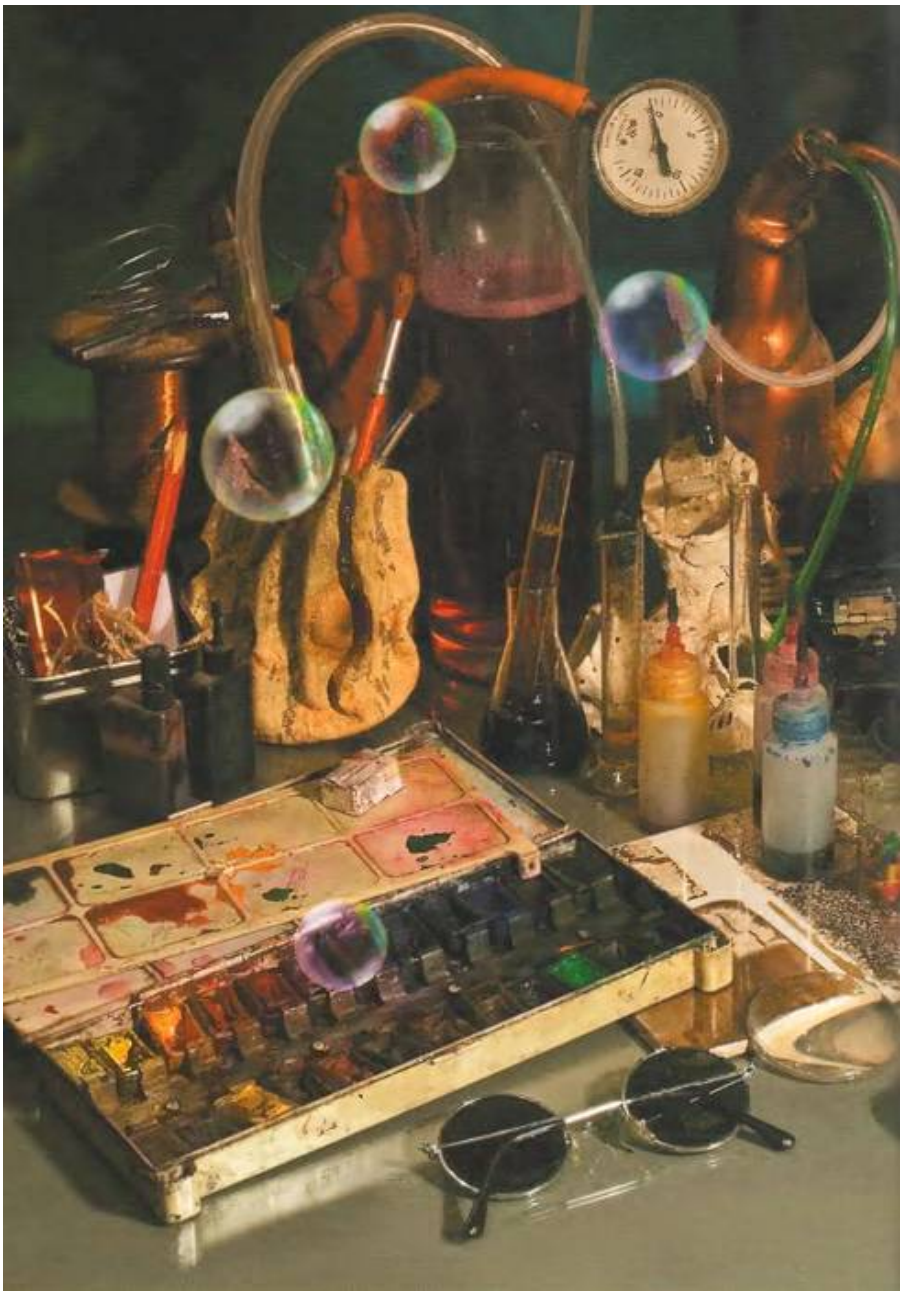
Так что сталь, да и другие металлы с полимерами, для этой цели не подходят. И тут за дело взялись химики. Из атомов углерода они «сложили» ещё одно удивительное вещество — углеродные нанотрубки. Они действительно похожи на трубки, но очень тонкие. Их диаметр примерно в десять тысяч раз меньше толщины вашего волоса, так что их, как и транзисторы, и фуллерен, невозможно разглядеть в обычный оптический микроскоп. Их можно вкладывать одну в другую, как матрёшки, или заполнять их внутренность атомами других элементов, как это делает мама, фаршируя перцы.

Но для нас с вами сейчас важно другое. Прочность углеродных нанотрубок в десять раз больше, чем у стали, а вес (плотность) — в шесть раз меньше. Если мы сплетём из них толстый канат, то получим почти идеальный материал для космического лифта.

Впрочем, до этого ещё далеко. Хотя, как знать? Одна американская компания уже сообщила об успешном испытании 400-метровой модели космического лифта и объявила о намерении начать доставку грузов на орбиту, включая космических туристов, в 2031 году. А до этого, возможно, построят лифт на самую высокую гору в мире — на Эверест.

А ещё за эти годы химики наверняка создадут ещё более прочный и лёгкий материал. Не хотите попробовать?

Глава 7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Все мы немного химики



Наше путешествие по миру, в котором мы живем и который сплошь состоит из вещества, подошло к концу. Мы с вами «подержали» в руках лишь маленькую часть веществ, что создала природа и гений исследователей и технологов, и совсем не поговорили о том, из чего сделаны продукты питания, мы сами и наши друзья на четырех ногах, с крыльями или с плавниками. На самом деле веществ миллионы, и никакой книги не хватит, чтобы рассказать обо всех. Но и так уже понятно, как прекрасен этот мир вещества и как потрясающе интересна химия, изучающая и создающая его.

Правда, химикам еще учиться и учиться у Природы. Пока что она непревзойденный создатель. В Природе грязи нет в том смысле, что все вещества, которые она производит, включены в гигантский круговорот веществ. А вот химические производства, созданные человеком, пока еще далеки от совершенства, хотя и становятся лучше год от года благодаря неустанным исследованиям и обновлению технологий. И все же отходы образуются, и частенько мы не знаем, что с ними делать или как их поймать.

Сделать химические технологии неотличимыми от природных, то есть безотходными, требующими мало энергии, воды и сырья, — это потрясающе интересная и гигантская задача, которую предстоит решать, возможно, вам, если вы выберите профессию химика. И она вовсе не фантастическая. Ведь природа, к счастью, продолжает потихоньку делиться своими секретами. И каждое такое открытие подталкивает ученых и технологов к новым, порой необычным, решениям.

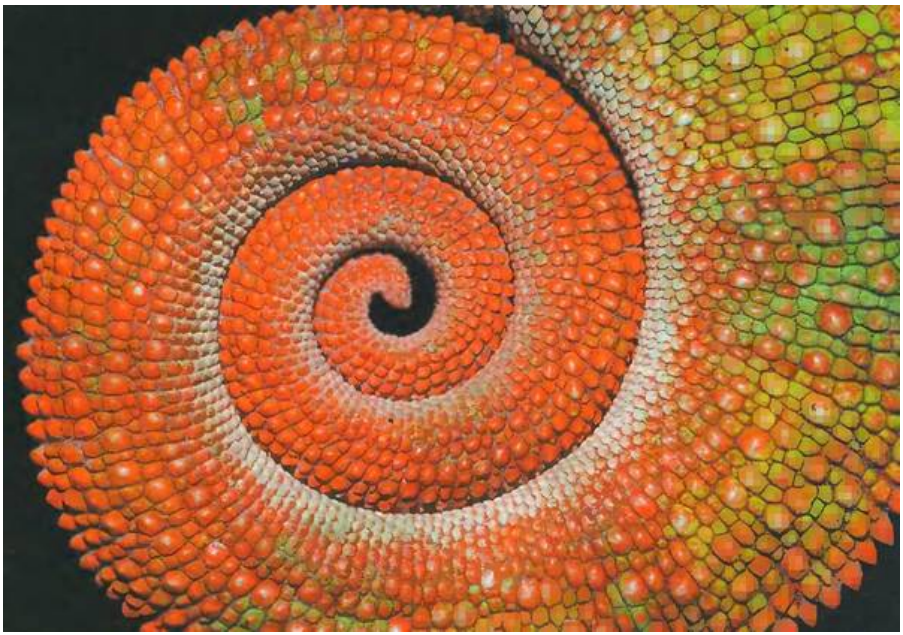
Вот, к примеру, производство красителей. Оно довольно грязное и сложное, но необходимое — нужно красить волокна, ткани, пластмассу, потому что мы хотим ярких красок в повседневной жизни. Здесь еще одна проблема — многие красители не очень стойкие и выгорают на солнце. Вот почему бабушка частенько меняет занавески на окнах на даче: они выцветают и становятся блеклыми. А теперь давайте присмотримся к Природе — как она решает эту красочную проблему? Видимо, она пользуется какой-то особенной технологией, потому что фантастические краски на крыльях бабочек в коробках коллекционеров или Зоологическом музее совсем не выцветают.

Оказывается, настоящие красители Природа использует довольно редко. Чаще она манипулирует материалом, заставляя его играть разными красками. Поразительные переливчатые крылья бабочек и перья птиц — это результат особого устройства их поверхности. Они покрыты тончайшими слоями белков

кератина (того самого, из которого сделаны наши волосы), которые чередуются со слоями воздуха. Сами по себе белки бесцветны, а их слои настолько тонкие, что прозрачны. Но солнечный свет так хитро отражается от разных слоев, что в результате на перьях и крыльях появляется насыщенный цвет, красный или синий, а то и радужные переливы. Нечто подобные мы видели в случае мыльных пузырей, но там эта красота нестабильна и преходяща, а слоистые структуры на поверхности крыльев и перьев переживают их обладателей. Эти структуры устроены по-разному, они могут быть сплошными или ажурными, с ячейками и перепонками, а бывает, что они сложены из чешуек по принципу черепицы. И во всех случаях мы будем видеть разные оттенки цвета, а поверхность будет матовой или глянцевой.

Природа не так часто использует разноцветные вещества, чтобы разукрасить птиц и бабочек. Для них у неё есть другой секрет — особая микроструктура поверхности перьев и крыльев, которая хитро отражает свет

Если мы научимся делать мельчайший повторяющийся узор на поверхности синтетических волокон, то они будут переливаться всеми цветами радуги без всяких красителей, как оперение этой прекрасной птицы.



Природа — волшебный художник. Она не только раскрашивает цветы и животных, но ещё и наделяет последних способностью менять окраску в зависимости от настроения и обстоятельств. Именно так переливается всеми цветами радуги хамелеон и его хвост

Вот так упорядоченные структуры могут порождать цвет. Поэтому ученые называют такую окраску структурной. И никакие красители не нужны. Впрочем, справедливости ради, надо

сказать, что Природа использует три варианта окраски: только структурную, о которой мы только что говорили, только пигментную, как у бабочки лимонницы, и структурную в сочетании с пигментной. Именно этим способом окрашены крылья знаменитой бабочки Морфо. Чешуйчатая структура делает их яркого синего цвета, а небольшая добавка желтого пигмента прибавляет к синему зеленые переливы.

Вот вам и подсказка. Если мы научимся на поверхности синтетических волокон делать мельчайший повторяющийся узор, то мы получим волокна, которые будут переливаться всеми цветами радуги безо всяких красителей. И, разумеется, выцветать они не будут. Сегодня исследователи уже предлагают так называемые микрократерные волокна, поверхность которых испещрена ямками ничтожного размера. Они хорошо рассеивают падающий свет, углубляя окраску. Кстати, этим принципом пользуются многие насекомые черного цвета.

«Широко простирает химия руки свои». И трудно уже определить те границы, где кончается физики и биология и начинается химия. А мы и не будем их определять. Зачем? Для нас важно, что химия — это вещество. Значит, химия везде. Если вещество оказывается на своем месте, то мы получаем красоту и пользу, если не на своем — то грязь и вред. Управляться с веществами могут только химики, поэтому эта профессия всегда будет важна и нужна.

А вообще-то, все мы немного химики и вы в том числе. Почему? Во-первых, мы — порождения Природы, маленькие копии большого Создателя, которым даны все возможности и полномочия исследовать, думать и творить. А во-вторых, присмотритесь к тому, что вы делаете каждый день. Каждый день вы проводите простейшие манипуляции с веществом, когда, например, кладете ложку сахара в чай и размешиваете. Или когда зажигаете газ в плите, запуская реакцию горения. Или когда прижигаете ранку перекисью водорода, чтобы убить микробов реакцией окисления. А уж ваша бабушка и мама и вовсе законченные химики. Сколько химических реакций они проводят каждый день в кастрюлях и на сковородках, в раковине, когда моют посуду, за туалетным столиком, когда ухаживают за своими волосами и ногтями.

Давайте-ка сделаем им подарок в знак благодарности за их каждодневные труды. Заодно и проверим, годитесь ли вы в химики. Этот опыт потребует терпения, а умение ждать — одно из важных качеств химика. На самом деле в этом опыте вы будете выступать в качестве ассистента Природы.

Итак, нам понадобится стеклянная банка небольшого объема,

желательно приземистая и с широким дном. Главное, чтобы у нее была плотно прилегающая крышка, в идеале — стеклянная с отшлифованным краем. Суть — содержимое должно быть надежно защищено от внешнего воздуха.

Теперь нам надо найти благоухающие розы. Возможно, они растут на даче у вас или у ваших знакомых. Ваша задача — собрать лепестки роз, а затем уложить их в банку плотными слоями. Причем поверх каждого слоя лепестков надо насыпать тонкий слой обыкновенной соли. У вас должен получиться слоеный пирог из лепестков и соли. Заполните банку не более чем на две трети, закройте крышкой и уберите в холодильник. Пусть она там стоит до подходящего случая. Лучше ее засунуть в пакет и предупредить своих домашних, чтобы не трогали, не открывали и не выбрасывали. Тут-то и начнется испытание. Руки так и будут чесаться залезть в холодильник и открыть банку. Но делать этого нельзя. Мы ждем торжественного случая.

А это может быть день рождения, Новый год, Рождество, Восьмое марта или просто воскресный семейный обед. И вот тут-то вы торжественно вносите свою банку в комнату, ставите на стол, открываете крышку и — комната наполняется ароматом розы. Запах будет столь яркий и насыщенный, что удивит всех. Не говоря уже о том, что все начнут улыбаться и радоваться. И все благодаря вам, а также соли, которая выступила в роли прекрасного консерватора запаха, да и самим ароматным веществам, которые впитались в слизистую оболочку носа и через рецепторы послали в мозг сигнал «Даешь хорошее настроение!».

И, может быть, именно за таким праздничным столом к вам придет первая секунда славы, когда бабушка воскликнет: «Да ты настоящий химик!»

Благодарность

«Спасибо» — одно из самых важных слов в русском языке. И сейчас я им воспользуюсь по прямому назначению, потому что хочу сказать огромное спасибо:

· природе, которая создала этот фантастический мир вещества и нас с вами; химикам всего мира, которые работают с веществом, чтобы сделать нашу жизнь лучше;

· Сергею Викторовичу Голубкову и Елене Сергеевне Ротиной, которые буквально заставили меня быстро написать эту книгу, чтобы она увидела свет в Международный год химии;

· авторам и создателям научно-популярного журнала «Химия и жизнь», чей волшебный диск с электронным архивом журнала за 45 лет очень помог при написании книги;

· Генриху Эрлиху, учёному, писателю и очень умному и въедливому редактору, который своими замечаниями и дополнениями сделал текст лучше;

· Александру Куку, одному из лучших художников- графиков и дизайнеров, который постарался сделать книгу красивой и весёлой;

· профессорам, педагогам и учителям — Анне Алексеевне Карцовой, Николаю Егоровичу Кузьменко, Екатерине Александровне Менделеевой, Татьяне Николаевне Ромашиной, Оксане Николаевне Рыжовой, Елене Николаевне Стрельниковой, которые любят химию, знают ее, прекрасно преподают и пишут замечательные учебники и книги, — за доброжелательные и очень полезные замечания на полях рукописи;

· всем читателям, кто возьмёт эту книгу в руки и прочитает её от начала и до конца.